OSTWALD'S KLASSIKER
DER EXAKTEN WISSENSCHAFTEN.
Nr. 86.

EXPERIMENTAL-UNTERSUCHUNGEN

ÜBER

ELEKTRICITÄT

VON

MICHAEL FARADAY.

III. BIS V. REIHE.

(1833.)

WILHELM ENGELMANN IN LEIPZIG.

Fortsetzung auf der dritten Seite des Umschlages.

Experimental-Untersuchungen

über

ELEKTRICITÄT

von

MICHAEL FARADAY.

(Aus den Philosoph. Transact. f. 1833.)

Herausgegeben

von

A. J. v. Oettingen.

III. bis V. Reihe.

Mit 15 Figuren im Text.

LEIPZIG

VERLAG VON WILHELM ENGELMANN

1897.

2. Experimental-Untersuchungen über Elektricität

von

Michael Faraday.

---

[274]

Dritte Reihe.

(Philosoph. Transact. f. 1833. — Pogg. Ann. Band XXIX.)

VII. Einerleiheit der Elektricitäten verschiedenen Ursprungs.

265. Die Fortsetzung der elektrischen Untersuchungen, welche ich die Ehre hatte, der Königl. Gesellschaft vorzulegen, führte mich zu einem Punkt, wo es für den ferneren [275] Verfolg meiner Arbeit nothwendig wurde, keinen Zweifel an der Einerleiheit oder Verschiedenheit der auf mannigfache Weisen erregten Elektricitäten übrig zu lassen. Zwar ist es ganz richtig, dass *Cavendish* *), *Wollaston* **), *Colladon* ***) und Andere einige der bedeutendsten Hindernisse für die Anerkennung der Einerleiheit gemeiner, thierischer und Volta'scher Elektricität aus dem Wege geräumt haben, und ich glaube, im Allgemeinen werden diese Elektricitäten wirklich als gleich von den Physikern angesehen. Allein andererseits ist es eben so wahr, dass man die Genauigkeit der *Wollaston*'schen Versuche bestritten hat †), und dass einer derselben, der von mehreren Physikern vorzugsweise als Beleg für die chemische Action der gemeinen Elektricität angesehen worden ist (336. 346), wirklich keinen

---

*) Philosoph. Transact. 1776, p. 196.

**) Philosoph. Transact. 1801, p. 434 (*Gilbert*'s Ann. Bd. XI. S. 104).

***) Ann. de chim. et de phys. T. XXXIII. 1826, p. 62 (*Pogg.* Ann. Bd. VIII S. 336).

†) Philosoph. Transact. 1832, p. 282 Note (Ann. Bd. XXVII. S. 554 Anmerk.).

Beweis dafür abgiebt (309. 327). Ueberdies ist es Thatsache, dass noch heutzutage mehrere Physiker eine Unterscheidung zwischen den Elektricitäten verschiedenen Ursprungs machen, oder mindestens zweifeln, ob ihre Einerleiheit erwiesen sei. *Humphry Davy* z. B. hält es in seinem Aufsatz über den Zitterrochen [1]) für wahrscheinlich, dass die thierische Elektricität eine eigene Art ausmache, und [**276**] indem er sie mit der gemeinen Elektricität, der Volta'schen Elektricität und dem Magnetismus vergleicht, sagt er: »Bei Erforschung der mannigfaltigen Abänderungen und Eigenschaften, welche die Elektricität in diesen verschiedenen Formen darbietet, mögen sich wohl noch Unterschiede feststellen lassen etc.« In der That brauche ich wohl nur auf den letzten Band der Philosoph. Transactions hinzuweisen, um zu zeigen, dass die Frage keineswegs als erledigt zu betrachten ist*).

266. Ungeachtet man allgemein die verschiedenen Elektricitäten für identisch hält, sind offenbar die Beweise [**277**] dafür

---

*) Philosoph. Transact. 1832, p. 259. Dr. *Davy* hat bei Anstellung der Versuche mit dem Zitterrochen (Ann. Bd. XXVII S. 542) dieselben Wirkungen erhalten, welche von der gemeinen und der Volta'schen Elektricität erzeugt werden, und sagt, dass dieser Fisch in seiner magnetischen und chemischen Kraft nichts wesentlich Eigenthümliches darbiete (p. 274); allein p. 275 sagt er: »es giebt andere Punkte des Unterschiedes«, und nachdem er sie aufgezählt, setzt er hinzu: »Wie sind diese Verschiedenheiten zu erklären? Erlauben sie eine Erklärung, ähnlich der, welche *Cavendish* in seiner Theorie des Zitterrochens aussprach, oder dürfen wir nach der Analogie mit den Sonnenstrahlen annehmen, dass die elektrische Kraft, sie mag nun durch die gewöhnliche Maschine, durch die Volta'sche Batterie oder durch den Zitterrochen erregt werden, keine einfache Kraft sei, sondern eine Combination von Kräften, welche in verschiedenartiger Verknüpfung vorkommen, und so die uns bekannten Varietäten von Elektricität hervorbringen?

Auf p. 279 desselben Bandes der Philosoph. Transact. beginnt Dr. *Ritchie*'s Aufsatz, in welchem es unter anderm heisst: »Gemeine Elektricität verbreitet sich auf der Oberfläche des Metalls; — Volta'sche Elektricität existirt dagegen innerhalb desselben. Freie Elektricität wird auf der Oberfläche des dünnsten Goldblatts eben so kräftig fortgeleitet als auf einer Masse Metall von derselben Oberfläche; — Volta'sche Elektricität erfordert Metalldicke zu ihrer Leitung«; — ferner p. 291: »Die vorausgesetzte Analogie zwischen der gemeinen und Volta'schen Elektricität, welche seit der Erfindung der Säule so eifrig verfolgt wurde, schlägt in diesem Falle ganz fehl, wiewohl man glaubte, derselbe liefere die auffallendste Aehnlichkeit.«

nicht klar und entscheidend genug gewesen, um die Billigung der Sachkenner zu erlangen. Die Aufgabe scheint mir viel mit der gemein zu haben, welche *Humphry Davy* so schön gelöst hat, nämlich der: Ob die Volta'sche Elektricität die nach ihrer Einwirkung auf das Wasser in demselben befindlichen Säuren und Alkalien immer bloss ausscheide, oder in einigen Fällen wirklich erzeuge. Dieselbe Nothwendigkeit, die ihn antrieb, den zweifelhaften Punkt, welcher sich der Ausbildung seiner Ansichten widersetzte und die Strenge seiner Schlüsse vernichtete, zur Entscheidung zu bringen, hat mich zur Ermittelung der Frage gezwungen, ob die gemeine und die Volta'sche Elektricität identisch oder verschieden seien. Ich habe mich überzeugt, dass sie identisch sind, und hoffe, dass die Beweise, welche ich vorlegen werde, sowie die aus ihnen hervorgehenden Resultate für beachtungswürdig von der Königl. Gesellschaft gefunden werden mögen.

267. Die mannigfachen Erscheinungen, welche die Elektricität darbietet, lassen sich zum Behufe des Vergleichs in zwei Klassen bringen; zu der ersten gehören die der Spannungs-Elektricität, zu der anderen die der strömenden Elektricität. Ich mache diese Unterscheidung, nicht weil sie philosophisch, sondern weil sie bequem ist. Die Wirkung der Spannungs-Elektricität besteht übrigens entweder aus Anziehung oder aus Abstossung in merklichen Entfernungen. Als Wirkungen elektrischer Ströme lassen sich nennen: 1. Wärmeerregung, 2. Magnetismus, 3. chemische Zersetzungen, 4. physiologische Erscheinungen und 5. Funken. Meine Absicht wird nun sein, die aus verschiedenen Quellen entspringenden Elektricitäten, besonders die gemeine und die Volta'sche, hinsichtlich ihrer Fähigkeit zur Hervorbringung dieser Wirkungen mit einander zu vergleichen.

[**278**] **1. Volta'sche Elektricität.**

268. Spannung. Untersucht man die Enden einer Volta-schen Batterie von 100 Plattenpaaren mit einem gewöhnlichen Elektrometer, so findet man sie bekanntlich positiv und negativ. An dem nämlichen Ende der Batterie angebracht, stossen die Goldblättchen einander ab, an den entgegengesetzten Enden befindlich ziehen sie sich an, selbst wenn zwischen ihnen eine Luftschicht von einem Zoll und mehr in Dicke befindlich ist.

269. Dass gemeine Elektricität sich aus Spitzen mit Leichtigkeit in die Luft entladet, die stark verdünnte und auch

erhitzte Luft, wie z. B. eine Flamme, ohne weiteres durchdringt, rührt von ihrer hohen Spannung her. Ich suchte daher nach ähnlichen Wirkungen bei der Entladung Volta-scher Elektricität und gebrauchte dabei als Probe für den Durchgang der Elektricität entweder das Galvanometer oder die chemische Action, welche in der weiterhin (312. 316) beschriebenen Vorrichtung erzeugt wurde.

270. Die Volta'sche Batterie, über welche ich zu verfügen hatte, bestand aus 140 Paaren vierquadratzölliger Platten, mit Doppelplatten von Kupfer. Sie war völlig isolirt und brachte ein Goldblatt-Elektrometer bis zu der Divergenz von etwa einem Drittelzoll. Ich bemühte mich, diese Batterie durch feine Spitzen, die sehr sorgfältig angeordnet und einander genähert waren, in der Luft sowohl als in einer leergepumpten Glocke zu entladen, konnte aber keine Anzeichen eines Stromes erhalten, weder durch magnetische noch durch chemische Action. Hierin zeigte sich jedoch keine Verschiedenheit zwischen Volta'scher und gemeiner Elektricität: denn wenn eine Leidener Batterie (291) so geladen ward, dass sie das Goldblatt-Elektrometer zu gleich starker Divergenz brachte, zeigten jene Spitzen sich ebenfalls unfähig, sie bis zur Ausübung magnetischer oder chemischer Wirkungen zu entladen. Dies geschah, nicht weil die gemeine [**279**] Elektricität nicht diese beiden Wirkungen hervorzubringen vermöchte (307. 310), sondern weil, wenn sie von so schwacher Intensität ist, die zur Erzeugung sichtbarer Effecte erforderliche Menge [welche ausserordentlich gross ist (371. 375)] in gehöriger Zeit nicht durchgelassen werden kann. Vereint mit den weiterhin folgenden Belegen beweisen auch diese Wirkungen der Spitzen nicht die Verschiedenheit, sondern die Einerleiheit der gemeinen und Volta'schen Elektricität.

271. Da die gemeine Elektricität durch heisse Luft mit grösserer Leichtigkeit als durch Spitzen entladen wird, so hoffte ich, dass auch die Volta'sche Elektricität auf diese Weise entladen werden würde. Zu dem Ende errichtete ich den Apparat (Fig. 1), bei dem AB ein isolirter Glasstab ist, auf welchem die beiden Kupferdrähte C, D wohl befestigt sind. An diese Kupferdrähte sind zwei Stücke feinen Platindrahts gelöthet und bei e mit ihren Enden einander so weit genähert, als es ohne gegenseitige Berührung angeht; der Kupferdraht C ist mit dem positiven Pol P einer Volta'schen Batterie verbunden und der Draht D mit einem Zersetzungs-

Apparat *D* (312. 316), durch welchen die Communication mit dem negativen Pol *N* der Batterie geschlossen wurde. Zu diesem Versuche wurden nur zwei Tröge oder 20 Plattenpaare angewandt.

272. In diesem Zustande fand nun keine Zersetzung bei *a* statt; sowie aber eine Weingeistflamme unter die Platinenden bei *e* gebracht wurde, so dass diese in helle Rothgluth kamen, trat Zersetzung ein; alsbald erschien Jod am Punkte *a*, und der Uebergang der Elektricität durch die erhitzte Luft war erwiesen. Bei Steigerung der Temperatur der Spitzen *e* mittelst eines Löthrohrs war die Entladung noch freier und die Zersetzung trat augenblicklich ein. Bei Fortnahme der Wärmequelle hörte der Strom sogleich auf. Als die Enden seitwärts und parallel einander sehr genähert wurden, doch so, dass sie [280] sich nicht berührten, kamen die Erscheinungen vielleicht noch leichter als vorhin zu Stande. Bei Anwendung einer grösseren Volta'schen Batterie (270) wurden sie auch deutlicher erhalten.

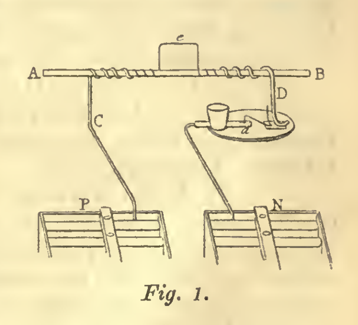


Fig. 1.

273. Nach Fortnahme des Zersetzungs-Apparats und Einschaltung eines Galvanometers statt seiner schwang die Nadel sogleich nach einer Seite, sobald die Spitzen *e* erhitzt wurden, und als man während der Zeit ihrer Rückkehr (302) die Hitze entfernte, waren die Ablenkungen alsbald schwach, zum Beweise, dass ein die Luft durchdringender Strom vorhanden war. Allein das angewandte Instrument war für die chemische Action nicht so empfindlich.

274. Diese unter der gegenwärtigen Form bisher nicht bekannten oder erwarteten Erscheinungen sind nur Fälle der Entladung, welche durch Luft zwischen Kohlenspitzen der Pole einer mächtigen Batterie stattfindet, wenn dieselben nach der Berührung langsam getrennt werden. Hier ist der Durchgang durch erhitzte Luft genau dem der gemeinen Elektricität gleich, und *Humphry Davy* berichtet, dass der Strom der damaligen Batterie der Royal Institution durch eine mindestens vier Zoll dicke Luftschicht ging*). Im luftleeren

*) Elements of chemical Philosophy, p. 153.

Recipienten strich die Elektricität durch einen fast zolllangen Raum, und die vereinte Wirkung der Verdünnung und Erhitzung auf die eingeschlossene Luft war so stark, dass diese dadurch fähig ward, die Elektricität durch einen Raum von sechs bis sieben Zoll zu leiten.

275. Die augenblickliche Ladung einer Leidener Batterie durch die Pole eines Volta'schen Apparats ist ein anderer Beweis von der Spannung und auch von der Menge der von letzterem entwickelten Elektricität. Sir *H. Davy* sagt*): »Wenn die beiden zu den Enden des Apparates [281] führenden Leiter mit einer Leidener Batterie verbunden wurden, der eine mit deren innerer, der andere mit deren äusserer Belegung, so wurde die Batterie augenblicklich geladen, und, nach Fortnahme der Drähte und Herstellung der nöthigen Verbindungen, konnte entweder ein Schlag oder ein Funke erhalten werden. Eine auch noch so kurze Berührung war hinreichend, die Ladung in ihrer ganzen Stärke zu erneuern.

276. Volta'sche Elektricität in Bewegung. I. Wärmeentwicklung. Die Err gung von Wärme in Drähten und Flüssigkeiten durch den eolta'schen Strom ist eine allgemein bekannte Thatsache. V

277. II. Magnetismus. Keine Thatsache ist den Physikern besser bekannt, als das Vermögen des Volta'schen Stromes, nach gewissen Gesetzen die Magnetnadel abzulenken und Magnete zu machen. Keine Wirkung kann bezeichnender sein für einen elektrischen Strom.

278. III. Chemische Zersetzung. Die chemische Wirksamkeit des Volta'schen Stromes und deren Abhängigkeit von gewissen Gesetzen ist ebenfalls genugsam bekannt.

279. IV. Physiologische Effecte. Die Fähigkeit des Volta'schen Stromes, wenn er stark ist, den ganzen thierischen Organismus zu erschüttern und, wenn er schwach ist, auf die Zunge und die Augen zu wirken, ist sehr charakteristisch.

280. V. Funken. Der glänzende Lichtstern, welcher bei Entladung einer Volta'schen Batterie entsteht, ist Allen als das schönste künstlich zu erzeugende Licht bekannt.

---

281. Dass diese Wirkungen sich fast unendlich abändern lassen, einige sich steigern, während andere geschwächt werden,

*) Elements of chemical Philosophy, p. 154.

ist allgemein anerkannt, und doch wird Keiner an der Identität der so in ihren Wirkungen verschieden [282] gemachten Volta'schen Ströme zweifeln. Die schöne Erklärung dieser Variationen durch *Cavendish*'s Theorie von Quantität und Intensität braucht gegenwärtig nicht mehr unterstützt zu werden, da sie, soweit wie bekannt, nicht in Zweifel gezogen wird.

282. Wegen der Vergleiche, die weiterhin zwischen Drähten, welche Volta'sche und gemeine Elektricität leiten, gemacht werden, und auch wegen gewisser Ansichten über den Zustand der die Pole des Volta'schen Apparats verbindenden Drähte oder leitenden Substanzen sonstiger Art wird es nöthig sein, eine Definition zu geben von dem, was ein Volta'scher Strom heisst, im Gegensatze zu irgend einem anderen besonderen, nicht progressiven Zustand, welcher für den Draht oder die Elektricität in demselben vorausgesetzt werden mag. Wenn

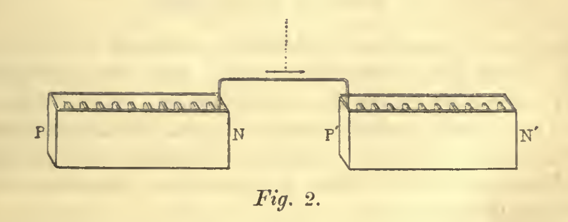


Fig. 2.

man nach symmetrischer Aufstellung und Isolirung zweier Volta'scher Tröge $P, N, P' N'$ (Fig. 2) die Enden der NP' durch einen Draht verbindet, über welchem eine Magnetnadel schwebt, so wird dieser Draht keine Einwirkung auf die Nadel ausüben; sowie man aber auch die Enden PN' durch einen anderen Draht in Verbindung setzt, wird die Nadel abgelenkt, und zwar so lange, als der Bogen geschlossen bleibt. Bestände nun die Wirkung der Tröge bloss darin, dass sie in dem Drahte eine besondere Anordnung seiner Theilchen oder seiner Elektricität hervorruft, und machte diese Anordnung den elektrischen oder magnetischen Zustand aus, so müsste der Draht NP' vor der Verbindung von P und N' wie nach derselben in einem ähnlichen Zustand von Anordnung sein und auch im ersten Fall die Nadel abgelenkt haben, wiewohl weniger stark, vielleicht nur halb so weit als bei vollständiger Schliessung des Bogens. Hängen aber die magneti-

schen Wirkungen von einem Strom ab, dann ist klar, weshalb sie in keinem Grade vor der Schliessung des Bogens erzeugt werden konnten, eben weil damals noch kein Strom vorhanden war.

[283] 283. Unter *Strom* verstehe ich irgend ein Fortschreitendes, sei es nun eine elektrische Flüssigkeit oder zwei in entgegengesetzter Richtung sich bewegende Flüssigkeiten, oder bloss Vibrationen, oder, noch allgemeiner gesprochen, fortschreitende Kräfte. Mit *Anordnung* meine ich eine örtliche nicht progressive Zurechtstellung der Theilchen von Flüssigkeiten oder der Kräfte. Viele andere Gründe liessen sich zur Stütze der Ansicht von einem *Strom* gegen die von einer *Anordnung* aufstellen, allein ich vermeide ängstlich jede unnöthige Ausführlichkeit hinsichtlich dessen, was gegenwärtig von Anderen ergänzt werden kann.

2. Gemeine Elektricität.

284. Unter gemeiner Elektricität verstehe ich diejenige, welche durch die Elektrisirmaschine, aus der Atmosphäre, durch Druck oder Spaltung von Krystallen, oder durch viele andere Operationen erhalten werden kann. Ihr Hauptcharakter ist eine grosse Intensität und das Vermögen der Anziehung und Abstossung, nicht bloss auf merkliche, sondern auf beträchtliche Entfernungen.

285. *Spannung.* Die durch die gemeine Elektricität bewirkten Anziehungen und Abstossungen auf merkliche Entfernungen sind bekanntlich in einigen Fällen so stark, dass sie die ähnlichen Erscheinungen der anderen Arten von Elektricität fast unendlich übertreffen. Allein dennoch sind diese Anziehungen und Abstossungen genau von gleicher Natur wie die bereits unter dem Abschnitt *Spannung, Volta'sche Elektricität* (268) beschriebenen, und der Unterschied zwischen ihnen, dem Grade nach, ist nicht grösser, als sich oft zwischen Fällen von gemeiner Elektricität findet. Ich halte es für überflüssig, noch ausführlicher einzugehen in die Beweise für die Einerleiheit dieses Charakters der beiden Elektricitäten.

286. Die Entladung der gemeinen Elektricität durch erhitzte Luft ist eine wohlbekannte Thatsache. Der parallele [284]
Fall bei der Volta'schen Elektricität ist bereits beschrieben worden (272 etc.).

287. Gemeine Elektricität in Bewegung. I. Wärmeentwicklung. Dass die gemeine Elektricität bei ihrem Durchgange durch Drähte oder andere Substanzen dieselben erhitzt, ist zur Genüge bekannt. Die Uebereinstimmung zwischen ihr und der Volta'schen Elektricität in dieser Beziehung ist vollständig. Hr. *Harris* hat nach diesem Princip ein sehr schönes und empfindliches Instrument construirt*), mit welchem die Wärme, die in einem Drahte durch Entladung eines blossen Funkens gemeiner Elektricität erzeugt wird, leicht zu zeigen ist; in einem folgenden Abschnitt dieses Aufsatzes werde ich Gelegenheit nehmen, auf dasselbe zurückzukommen (344).

288. II. Magnetismus. Die Volta'sche Elektricität besitzt sehr ausserordentliche und starke magnetische Kräfte. Ist die gemeine Elektricität identisch mit ihr, so muss sie dieselben Kräfte haben. Im Magnetisiren von Nadeln und Stäben kommt sie der Volta'schen Elektricität gleich und die Richtung des Magnetismus ist bei beiden dieselbe; allein beim Ablenken einer Magnetnadel hat sie sich so schwach erwiesen, dass dies Vermögen ihr zuweilen ganz abgesprochen worden ist, und dass man bei anderen Gelegenheiten hypothetisch Unterscheidungen gemacht hat, um die Schwierigkeit zu heben**).

289. Hr. *Colladon* aus Genf meinte, der Unterschied rühre wohl daher, dass man zu allen Versuchen über diesen Punkt unzureichende Mengen gemeiner Elektricität angewandt habe, und beschrieb in einem 1826 der Pariser Akademie vorgelegten Aufsatz***) Versuche, in **[285]** welchen es ihm gelang, durch Anwendung einer Batterie, einiger Spitzen und eines empfindlichen Galvanometers Ablenkungen zu erhalten und damit die Identität in dieser Beziehung festzustellen. Die Herren *Arago*, *Ampère* und *Savary* werden in jenem Aufsatz als Zeugen der erfolgreichen Wiederholung der Versuche aufgeführt. Indess da keine anderweitige Bestätigung dieser Effecte zum Vorschein gekommen ist, die HH. *Arago*, *Ampère* und *Savary* ihre Gutheissung der Resultate meines Wissens nicht selbst bekannt gemacht haben und Andere nicht im Stande gewesen,

*) Philosoph. Transact. 1827, p. 18. — *Harris*, On a New Electrometer etc. Edinburgh Transact. f. 1831.

**) *Demonferrand*'s Manuel d'Electricité dynamique, p. 121.

***) Annal. de chim. et de phys. T. XXXIII p. 62 (*Pogg.* Ann. Bd. VIII S. 336.

die beschriebenen Wirkungen zu erhalten, so hat man Herrn *Colladon*'s Schlüsse bezweifelt und verworfen; daher war es für mich ein wichtiger Punkt, die Richtigkeit jener Resultate festzustellen oder sie ganz aus der Reihe der experimentellen Beweise fortzuschaffen. Ich bin so glücklich, sagen zu können, dass meine Resultate die des Hrn. *Colladon* vollkommen bestätigen; und ich würde daher keine Gelegenheit nehmen, sie zu beschreiben, wenn sie nicht als Beweise der Richtigkeit der entscheidenden und allgemeinen Schlüsse, welche ich in Bezug auf die magnetische und chemische Thätigkeit der Elektricität zu ziehen im Stande bin (360. 366. 367. 377 u. s. w.), so wesentlich wären.

290. Die von mir angewandte Elektrisirmaschine hatte eine Scheibe von fünfzig Zoll im Durchmesser und zwei Paare von Reibzeugen; ihr erster Conductor bestand aus zwei Messingcylindern, die durch einen dritten zusammenhingen; die gesammte Länge betrug zwölf Fuss und die mit der Luft in Berührung stehende Oberfläche 1422 Quadratzoll. Bei guter Erregung gab Eine Umdrehung der Scheibe zehn bis zwölf Funken vom Conductor, jeden einen Zoll lang. Funken oder Blitze von zehn bis vierzehn Zoll Länge konnten mit Leichtigkeit aus dem Conductor gezogen werden. Jede Umdrehung der Scheibe erforderte bei mässiger Anstrengung etwa vier Fünftel einer Secunde.

[**286**] 291. Die elektrische Batterie bestand aus fünfzehn gleichen Flaschen. Sie waren vom Boden ab acht Zoll hoch belegt und maassen dreiundzwanzig Zoll im Umfange, so dass die belegte Fläche auf beiden Seiten des Glases 184 Quadratzoll betrug, ausser der an den Böden, die von dickerem Glase waren, und auf jeder Seite etwa 50 Quadratzoll betrug.

292. Es wurde eine gute Ableitung (discharging train) vorgerichtet durch metallische Verknüpfung eines hinreichend dicken Drahtes zuerst mit den metallenen Gasröhren des Hauses, dann den metallenen Gasröhren des öffentlichen Gaswerkes von London und endlich den metallenen Wasserröhren von London. Sie war so wirksam, dass sie Elektricität von der schwächsten Spannung, selbst die eines einzigen Volta'schen Trogs, augenblicklich fortleitete; für manchen Versuch war sie wesentlich.

293. Das Galvanometer war eins oder das andere von den früher beschriebenen (87. 205); allein die Glasglocke, welche dasselbe bedeckte und die Nadel trug, war in- und auswendig

mit Zinnfolie belegt, und der obere Theil, der unbelegt blieb, damit die Nadel beobachtet werden konnte, wurde bedeckt mit einem Gehäuse von Drahtgeflecht, von dem viele scharfe Spitzen hervorragten. Wenn dies Gehäuse und die beiden Belegungen mit der entladenden Ableitung (292) verbunden waren, konnte eine mit der Maschine während ihrer grössten Thätigkeit verbundene isolirte Spitze oder Kugel jedem Theil des Galvanometers bis auf einen Zoll genähert werden, ohne die darin befindliche Nadel durch gewöhnliche elektrische Attraction oder Repulsion irgend zu afficiren.

294. Im Zusammenhange mit diesen Vorsichtsmaassregeln wird die Bemerkung nöthig sein, dass der magnetische Zustand der Nadel des Galvanometers in Folge eines elektrischen Schlages durch das Instrument sehr leicht gestört, geschwächt und selbst umgekehrt werden kann. [**287**] Vor Allem, wenn die Nadel bei dem Durchgange des Schlages schief, in falscher Stellung gegen die Drahtwindungen steht, kann man diese Erscheinungen mit Sicherheit erwarten.

295. Es war die Verzögerungskraft der schlechten Leiter, mittelst der ich anfangs hoffte im Stande zu sein, die gemeine Elektricität mehr zur Annahme der Kennzeichen und Fähigkeiten der Volta'schen Elektricität zu veranlassen, als man ihr gewöhnlich beizulegen pflegt.

296. Die Bedeckung und Bekleidung[2]) des Galvanometers wurde zuerst mit der entladenden Ableitung verbunden (292); das Ende *B* (87) des Galvanometers verband ich mit der äusseren Belegung der Batterie und dann diese beiden mit der entladenden Ableitung; das Ende *A* des Galvanometers wurde mittelst eines genässten Fadens von vier Fuss Länge mit einem entladenden Stab verbunden und endlich, nachdem die Batterie durch etwa vierzig Umdrehungen der Maschine positiv geladen worden, wurde sie mittelst des Stabes und des Fadens durch den Galvanometer entladen. Augenblicklich gerieth die Nadel in Bewegung.

297. Während die Nadel ihre Schwingung in der ersten Richtung vollbrachte und zurückkehrte, wurde die Maschine gedreht, und wenn die Nadel bei dem Schwingen ihre erste Richtung wieder annahm, wurde der Schlag abermals durch das Galvanometer geleitet. Durch Wiederholung wuchsen die Schwingungen bald bis zu einer Ablenkung von 40° nach jeder Seite von der Ruhelinie.

298. Diese Wirkung konnte nach Belieben hervorgebracht

werden. Auch wurde sie anscheinend weder der Richtung noch dem Grade nach verändert, wenn statt des dünnen langen Fadens eine kurze dicke Schnur oder vier solcher Schnüre angewandt wurden. Mit einem empfindlicheren Galvanometer liess sich durch eine Entladung der Batterie eine vortreffliche Schwingung der Nadel erhalten.

[**288**] 299. Bei Umkehrung der Verbindungen des Galvanometers, so dass die Entladung von B nach A gehen musste, wurde die Nadel eben so gut, jedoch in entgegengesetzter Richtung, abgelenkt.

300. Die Ablenkungen hatten dieselbe Richtung, wie wenn ein Volta'scher Strom durch das Galvanometer gegangen war, d. h. die positiv geladene Fläche der elektrischen Batterie verhielt sich wie das positive Ende des Volta'schen Apparats (268) und die negative Fläche der ersteren wie das negative Ende des letzteren.

301. Die Batterie wurde nun ausser Gebrauch gesetzt und die Verbindungen jetzt so geordnet, dass der Strom von dem ersten Conductor, durch den gegen ihn gehaltenen Entlader, durch die feuchte Schnur und die Galvanometerwindungen in die entladende Leitung (292) gehen musste, durch welche letztere er endlich zerstreut wurde. Dieser Strom konnte in jedem Augenblick unterbrochen werden, entweder durch Fortnahme des Entladers oder durch Stillhalten der Elektrisirmaschine, oder durch Verbindung des ersten Conductors mittelst eines anderen Entladers mit der Ableitung (292). Eben so konnte der Strom augenblicklich wieder hergestellt werden. Die Nadel war so ajustirt, dass sie, wenn sie mässig schnell und in kleinen Bogen schwang, fünfundzwanzig Schläge einer Uhr gebrauchte, um in einer Richtung den Bogen zu durchlaufen, und dieselbe Zeit erforderte sie in der anderen Richtung.

302. Nachdem bei dieser Anordnung die Nadel zum Stillstand gekommen war, wurde der Strom direct von der Elektrisirmaschine fünfundzwanzig Uhrschläge lang durch das Galvanometer geleitet, dann ebenso lange unterbrochen, wieder fünfundzwanzig Uhrschläge lang hindurchgeleitet, abermals eben so lange unterbrochen, und so fort. Die Nadel begann bald sichtbar zu schwingen und nach mehreren Abwechselungen hatten ihre Schwingungen eine Grösse von 40° und mehr erreicht.

[**289**] 303. Bei der Umkehrung der Richtung des durch das Galvanometer geleiteten Stromes kehrte sich auch die

Ablenkung der Nadel um. Immer war die Bewegung der Nadel von gleicher Richtung mit der, welche bei Anwendung einer elektrischen Batterie oder eines Volta'schen Trogapparats (300) erfolgte.

304. Ich ersetzte nun die feuchte Schnur durch einen Kupferdraht, so dass die Elektricität der Maschine gänzlich durch eine Drahtverbindung, von der das Galvanometergewinde einen Theil ausmachte, direct in die Ableitung ging. Die Wirkungen waren jetzt genau den früheren gleich (302).

305. Statt bei Leitung der Elektricität durch das System den Entlader mit seinem Ende in Berührung mit dem Conductor zu bringen, wie bisher, wurden jetzt an dem Entlader vier Spitzen befestigt und diese, wenn der Strom durchgeleitet werden sollte, dem Conductor bis auf etwa 12 Zoll genähert, dagegen fortgezogen, wenn jener unterbrochen werden sollte. Als dann, mit Ausnahme dieser Abänderung, wie zuvor verfahren wurde (302), wich die Nadel sogleich stark ab und in völliger Uebereinstimmung mit den früheren Resultaten. Spitzen waren die Mittel, durch welche Hr. *Colladon* immer die Entladungen vollzog.

306. Endlich leitete ich die Elektricität durch eine ausgepumpte Glasglocke (so dass sie daselbst nordlichtartig erscheinen musste) und dann durch das Galvanometer in die Erde. Auch jetzt noch wirkte sie ablenkend auf die Magnetnadel und anscheinend mit gleicher Kraft wie zuvor.

307. Aus allen diesen Versuchen erhellt, dass ein Strom gemeiner Elektricität die Magnetnadel in gleichem Maasse ablenkt, er mag nun durch Wasser, oder Draht, oder verdünnte Luft, oder mittelst Spitzen durch gewöhnliche Luft gegangen sein. Das einzige Erforderniss ist, wie es scheint, ihm Zeit zu der Wirkung zu lassen. Er [**290**] verhält sich also gerade eben so magnetisch als ein Volta'scher Strom und ist in dieser Eigenschaft nicht von ihm unterschieden.

308. Unvollkommene Leiter, wie Wasser, Salzlösung u. s. w., sind weit geeigneter zur Darlegung dieser Erscheinungen als andere Arten der Entladung, z. B. durch Spitzen und Knöpfe. Denn die erstere Entladungsart verwandelt den Schlag einer kräftigen Batterie in einen schwachen Funken oder vielmehr einen continuirlichen Strom, und man läuft dabei wenig oder gar keine Gefahr, den Magnetismus der Nadel zu stören (294).

309. III. Chemische Zersetzung. Die chemische Wirkung der Volta'schen Elektricität ist charakteristisch für

dieses Agens, doch nicht charakteristischer, als es die Gesetze sind, nach welchen sich diese durch die Zersetzung frei gewordenen Stoffe an den Polen ordnen. *Wollaston* *) zeigte, dass die gemeine Elektricität in diesen Wirkungen Aehnlichkeit mit ihr habe und »dass beide wesentlich einerlei seien«; allein er führte unter seinen Beweisen einen Versuch an, welcher nur Aehnlichkeit und nichts mehr als Aehnlichkeit mit einer Volta'schen Zersetzung hatte. Wiewohl er selbst dies zum Theil einsah, so ist doch dieser eine Versuch mehr als die vielen anderen und entscheidenden Versuche, welche er beschreibt, angeführt worden, von Einigen, um das Dasein einer elektro-chemischen Zersetzung, wie die durch die Säule, zu beweisen, von Anderen aber, um den ganzen Aufsatz verdächtig zu machen.

310. Ich nehme mir die Freiheit, meine Resultate hier kurz zu beschreiben und dadurch dem Zeugnisse *Wollaston*'s über die Einerleiheit der Volta'schen und gemeinen Elektricität, was die chemische Action betrifft, das Meinige hinzuzufügen, nicht bloss um die Wiederholung der Versuche zu erleichtern, sondern auch um einige [**291**] neue Folgerungen in Betreff der elektro-chemischen Zersetzungen aufzustellen (376. 377).

311. Zunächst wiederholte ich *Wollaston*'s vierten Versuch**), bei welchem die Enden besponnener Silberdrähte in einen Tropfen von Kupfervitriol-Lösung getaucht wurden. Als Maschinen-Elektricität durch diese Vorrichtung geleitet wurde, bekleidete sich in dem Tropfen das Ende, welches die Elektricität bekam, mit metallischem Kupfer. Hundert Umdrehungen der Maschine erzeugten eine sichtbare Wirkung, zweihundert eine noch stärkere. Die zersetzende Wirkung war indess schwach. Sehr wenig Kupfer wurde gefällt und am anderen Pol keine merkliche Spur von Silber gelöst.

312. Eine viel zweckmässigere und wirksamere Vorrichtung zu chemischen Zersetzungen durch gemeine Elektricität ist folgende. Auf eine Glasplatte (Fig. 3), welche auf weisses Papier gelegt ist, doch darüber erhoben, damit keine Schatten stören, bringe man zwei Stücke Zinnfolie *a*, *b*, verbinde das

*) Philosoph. Transact. f. 1801, p. 427, 434 (*Gilbert*'s Annal. Bd. XI S. 104).

**) Philosoph. Transact. f. 1801, p. 429. (*Gilbert*'s Annal. Bd. XI S. 108).

eine durch einen isolirten Draht *c* oder durch Draht und Schnur (301) mit der Elektrisirmaschine und das andere durch *g* mit der Ableitung (292) oder dem negativen Conductor; ferner verschaffe man sich zwei Stücke dünnen Platindrahts, gebogen wie Fig. 4, so dass der Theil *df* beinahe aufrecht steht, während das Ganze auf den drei Stützpunkten *p*, *e*, *f* ruht, und lege sie wie in Fig. 2, wodurch die Spitzen *p*, *n* die zerlegenden Pole werden. Auf diese Weise erhält man Berührungs-

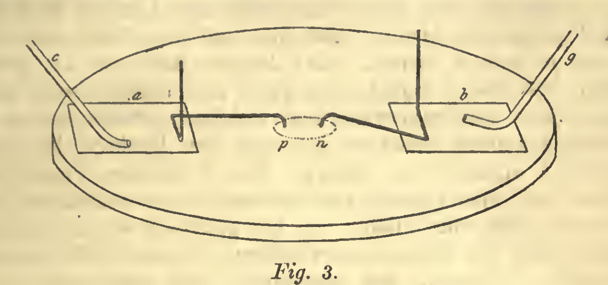


Fig. 3.

flächen so klein wie man will, die Verbindung kann in einem Augenblick unterbrochen und wieder hergestellt werden und die unter der Einwirkung stehenden Substanzen lassen sich mit grösster Leichtigkeit untersuchen.

313. Auf dem Glase wurde ein dicker Strich mit einer Lösung von schwefelsaurem Kupfer gezogen und [**292**] die Enden *p* und *n* in denselben gesteckt; die Folie *a* wurde mit dem positiven Conductor der Elektrisirmaschine verbunden, und zwar, damit keine Funken überschlügen, durch einen Draht und eine feuchte Schnur. Zwanzig Umdrehungen der Maschine veranlassten eine Fällung von so viel Kupfer auf das Drahtende *p*, dass es wie ein Kupferdraht aussah; bei *n* trat keine sichtbare Aenderung ein.

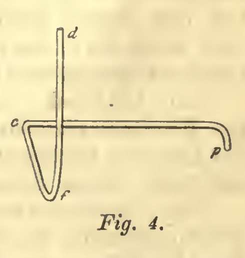


Fig. 4.

314. Eine Mischung von Salzsäure und Wasser zu gleichen Theilen wurde durch schwefelsauren Indigo tief blau gefärbt und ein grosser Tropfen davon auf das Glas Fig. 3 gebracht, so dass *p* und *n* an den entgegengesetzten Enden eintauchten. Eine einzige Umdrehung der Maschine zeigte rings um *p* eine

Bleichung in Folge entwickelten Chlors. Nach zwanzig Umdrehungen war keine Wirkung der Art bei *n* sichtbar, allein bei *p* war so viel Chlor entbunden, dass beim Umrühren des Tropfens das Ganze farblos wurde.

315. Ein Tropfen Jodkalium-Lösung, gemengt mit Stärke, wurde in dieselbe Lage bei *p* und *n* gebracht. Beim Drehen der Maschine wurde bei *p* Jod entwickelt, bei *n* aber nicht.

316. Eine fernere Verbesserung dieses Apparats besteht darin, dass man mit der zu untersuchenden Lösung ein Stückchen Fliesspapier benetzt und dies auf das Glas, unter die Spitzen *p* und *n* bringt. Das Papier hält die an diesen Spitzen entwickelte Substanz zurück und macht durch seine Weisse jede Farbenveränderung sichtbar, erlaubt auch, die Berührungspunkte zwischen ihm und den Drähten bis auf's Aeusserste einander zu nähern. Ein Stückchen Papier, befeuchtet mit einer Lösung von Stärkemehl und Jodkalium oder auch von Jodkalium allein, ist, bei gewissen Vorsichtsmaassregeln (322), das bewundernswürdigste Prüfmittel für elektrochemische Actionen: auf angegebene Art angewandt, wird schon durch eine halbe Umdrehung der Maschine Jod auf ihm bei *p* [**293**] entwickelt. Mit Hülfe dieser Vorrichtungen und des Gebrauchs von Jodkaliumpapier ist die chemische Action zuweilen eine empfindlichere Probe für elektrische Ströme als das Galvanometer (273). Solche Fälle treten ein, wenn die von dem Strom durchlaufenen Stoffe schlechte Leiter sind, oder wenn die in einer gegebenen Zeit entwickelte oder durchgelassene Menge von Elektricität sehr klein ist.

317. Ein Stück Lackmuspapier, befeuchtet mit einer Lösung von Kochsalz oder Glaubersalz, wurde schnell bei *p* geröthet. Ein anderes, mit Salzsäure benässtes Stück ward schnell bei *p* gebleicht. Keine dieser Wirkungen zeigte sich bei *n*.

318. Ein Stück Curcumäpapier, befeuchtet mit einer Lösung von Glaubersalz, wurde nach zwei bis drei Umdrehungen der Maschine bei *n* geröthet, und nach zwanzig bis dreissig Umdrehungen war daselbst reichlich Alkali entwickelt. Als das Papier herumgeschoben wurde, so dass der Fleck unter *p* zu stehen kam, verschwand, bei Drehung der Maschine, das Alkali bald und der Fleck wurde gelb; dagegen erschien unter *n* ein neuer brauner alkalischer Fleck.

319. Als ein Stück Lackmuspapier und ein Stück Curcumäpapier, beide mit Glaubersalz-Lösung befeuchtet, combinirt so auf das Glas gelegt wurden, dass das erstere sich bei *p* und

das letztere sich bei *n* befand, reichten wenige Umdrehungen der Maschine hin, an jenem die Entwicklung von Säure, an diesem die Entwicklung von Alkali zu zeigen, genau wie bei der Wirkungsweise eines Volta-elektrischen Stromes.

320. Alle diese Zersetzungen fanden gleich gut statt, die Elektricität mochte aus der Maschine durch Wasser oder bloss durch Draht, mittelst Berührung des Conductors oder mittelst Funken daselbst, in die Folie *a* übergehen, vorausgesetzt nur, dass im letzteren Falle die Funken nicht so gross waren, um auch zwischen *p* und *n* [**294**] oder gegen *n* Funken zu erzeugen. Ich habe keinen Grund zu glauben, dass die Maschinen-Elektricität, wenn sie aus dem Conductor oder an irgend einer anderen Stelle ihrer Bahn in Funken überspringt, wegen ihrer Spannung mehr an wahrer elektro-chemischer

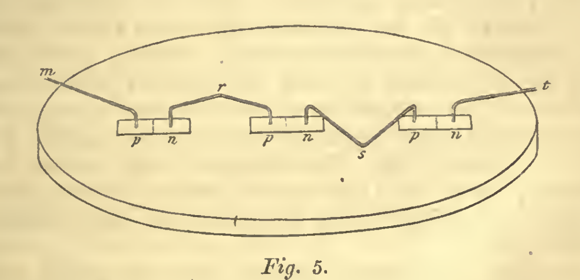


Fig. 5.

Zersetzung leiste, als wenn sie bloss in einen regelmässigen Strom übergeht.

321. Endlich wurde der Versuch zu folgender Form ausgedehnt, wobei er die vollkommenste Analogie zwischen der gemeinen und Volta'schen Elektricität lieferte. Drei aus Lackmus- und Curcumäpapier zusammengesetzte und mit Glaubersalz-Lösung befeuchtete Stücke wurden auf einer Glasplatte in der in Fig. 5 abgebildeten Weise mit Platindrähten verbunden. Der Draht *m* führte zum ersten Conductor der Elektrisirmaschine, der Draht *t* zu der Ableitung, und die Drähte *r* und *s* schlossen mittelst der befeuchteten Papierstücke den elektrischen Bogen; letztere Drähte waren so gebogen, dass jeder in den Punkten *nrp*, *nsp* ruhte, bei *r* und *s* auf dem Glase, bei den anderen auf den Papierstücken. Die drei Spitzen *ppp* ruhten auf Lackmuspapier, die drei anderen *nnn* auf Curcumäpapier. Als die Maschine nur kurze

Zeit gedreht ward, entwickelte sich Säure an allen Polen oder Enden *ppp*, an welchen die Elektricität in die Lösung trat, und Alkali an den anderen Polen *nnn*, an welchen sie austrat.

322. Bei allen Versuchen zu elektro-chemischen Zersetzungen mittelst Maschinen-Elektricität und befeuchteter Papiere (316) ist es wesentlich, die folgende Fehlerquelle zu beachten und zu vermeiden. Springt ein Funke über befeuchtetes Lackmus- und Curcumäpapier, so wird dadurch das erstere (falls es empfindlich und nicht zu alkalisch ist) geröthet, und, wenn mehrere Funken überspringen, in hohem Grade. Springt die Elektricität ein wenig vom Drahte ab über die Oberfläche des feuchten Papiers hin, ehe sie Masse und Feuchtigkeit [**295**] genug findet, um geleitet zu werden, so erstreckt sich die Röthung so weit als die Ramification. Stellen sich ähnliche Verästelungen am Ende *n*, beim Curcumäpapiere ein, so verhindern sie das Auftreten des rothen Flecks von dem sonst daselbst frei werdenden Alkali. Funken oder Verästelungen aus den Spitzen *n* röthen ebenfalls das Lackmuspapier. Wird ein mit Jodkalium-Lösung befeuchtetes Papier (welches ein bewundernswerthes Prüfmittel für elektro-chemische Action ist) den Funken oder Verästelungen, oder selbst einem schwachen, durch die Luft entweder von *p* oder von *n* ausfahrenden elektrischen Strome ausgesetzt, so wird sogleich Jod entwickelt.

323. Diese Wirkungen müssen nicht mit denen wahrer elektro-chemischer Kräfte der gemeinen Elektricität verwechselt, vielmehr sorgfältig vermieden werden, wenn man letztere beobachten will. Daher darf man an keiner Stelle der Bahn des Stromes Funken überspringen oder die Elektricität so intensiv werden lassen, dass dieselbe dadurch veranlasst werden könnte, zwischen den Drähten und den angefeuchteten Papieren anders als durch Leitung überzugehen; denn springt sie durch die Luft über, so erfolgt die vorhin beschriebene Wirkung.

324. Diese Wirkung rührt von der Bildung von Salpetersäure aus dem Sauerstoff und dem Stickstoff der Luft her und ist in der That nur eine feine Wiederholung von *Cavendish*'s schönem Versuch. Die dadurch gebildete Säure ist, wiewohl an Menge gering, von grosser Concentration und erzeugt die erwähnten Wirkungen: das Röthen des Lackmuspapiers, das gehinderte Auftreten des Alkalis am Curcumäpapier, das Freiwerden von Jod aus dem Jodkalium.

325. Als ich einen sehr kleinen Streifen Lackmuspapier mit einer Lösung von Aetzkali befeuchtete und über ihn, seiner Länge nach, elektrische Funken durch die Luft überschlagen liess, wurde das Alkali neutralisirt und zuletzt das Papier geröthet. Als ich dies trocknete, [**296**] fand sich, dass salpetersaures Kali durch die Operation gebildet und das Papier in Zündpapier umgewandelt worden war.

326. Lackmuspapier sowohl als weisses, mit Jodkalium-Lösung getränktes Papier liefert daher ein sehr einfaches, schönes und leichtes Mittel, *Cavendish*'s Versuch über die Bildung der Salpetersäure aus der Atmosphäre zu wiederholen.

327. Bereits habe ich Gelegenheit gehabt (265. 309), eines Versuches von *Wollaston* zu erwähnen, auf welchen zu viel gegeben worden ist, sowohl von denen, welche seine Ansichten über die Einerleiheit der Volta'schen und gemeinen Elektricität bestritten, als von denen, welche ihnen beipflichteten. Mittelst Ueberziehung von Drähten mit Glas oder einer anderen isolirenden Substanz bis zu dem Grade, dass nur die Spitzen oder ein Querschnitt der Drähte entblösst blieb, und mittelst Hindurchleitung von Elektricität durch zwei solcher Drähte, deren entblösste Endspitzen in Wasser getaucht worden waren, fand *Wollaston*, dass Wasser zersetzt werden konnte durch den blossen Strom aus der Maschine, ohne Funken, und dass von den Spitzen zwei Gasströme aufstiegen, im Ansehen denen von der Volta'schen Elektricität erzeugten ganz ähnlich, und wie diese eine Mischung von Sauerstoff- und Wasserstoffgas liefernd. Indess sagt *Wollaston* selbst, dass der Vorgang in sofern von dem bei der Volta'schen Säule verschieden sei, als hier Sauerstoff und Wasserstoff an jedem der Pole entwickelt werden; er nennt ihn »eine sehr angenäherte Nachahmung der galvanischen Phänomene«, setzt aber hinzu, dass »in der That die Aehnlichkeit nicht vollständig sei«, und wagt nicht, die übrigens in seinem Aufsatz richtig niedergelegten Grundsätze auf diesen Versuch zu stützen.

328. Dieser Versuch ist nichts mehr noch weniger als eine Wiederholung, in verfeinerter Weise, von dem [**297**] im Jahre 1797 von *Pearson**) und im Jahre 1789 oder früher von *Paets van Troostwyk* und *Deiman* angestellten. Dass der Versuch niemals als Beweis einer wahren elektro-chemischen

*) *Nicholson*'s Journal, 4to, Vol. I p. 241, 299, 349.

Zersetzung angeführt worden ist, erklärt sich hinreichend aus dem Umstande, dass das Gesetz, welches die Ueberführung und endliche Stellung der entbundenen Stoffe bedingt (278. 309), hier keinen Einfluss hat. Das Wasser wird an beiden Polen unabhängig von einander zersetzt und das an den Drähten entwickelte Sauerstoff- und Wasserstoffgas sind die Elemente des den Augenblick zuvor an diesen Stellen befindlichen Wassers. Dass die Pole oder vielmehr Spitzen für die Zersetzung in keiner Abhängigkeit von einander stehen, lässt sich erweisen, wenn man eine derselben durch einen Draht oder Finger ersetzt, denn diese Veränderung stört die Wirkung der beibehaltenen Spitze nicht im Geringsten, wiewohl an dem Draht oder Finger alle Wirkung ausbleibt. Diese Thatsache lässt sich beobachten, wenn man die Maschine einige Zeit dreht; denn wiewohl an der beibehaltenen Spitze Gasblasen in solcher Menge aufsteigen, dass sie den für die andere Communication gebrauchten Draht ganz bedecken könnten, wenn sie sich an ihn legen würden, so steigt doch an diesem Draht nicht eine einzige Blase in die Höhe.

329. Es liegt sehr nahe, zu glauben, dass die Menge des bei elektro-chemischer Zersetzung zerlegten Stoffes proportional sei nicht der Intensität, sondern der Quantität der durchgegangenen Elektricität (320). Ich werde hierüber in einem späteren Theil dieses Aufsatzes (375. 377) einige Beweise geben. Allein bei dem eben betrachteten Versuch ist dies nicht der Fall. Wenn, bei einem unveränderten Spitzenpaar, die Elektricität in Funken aus der Maschine springt, wird eine gewisse Menge Gas entwickelt; macht man die Funken kürzer, so entwickelt sich weniger Gas, und verschwinden die [**298**] Funken ganz, so wird kaum eine merkliche Menge Gas in Freiheit gesetzt. Nimmt man statt des Wassers eine Glaubersalz-Lösung, so wird mit kräftigen Funken kaum eine merkliche Gasmenge entwickelt, und mit einem blossen Strom fast gar nichts; und doch war die in einer gegebenen Zeit entwickelte Menge von Elcktricität in allen diesen Fällen gleich.

330. Ich will nicht leugnen, dass gemeine Elektricität mit einem solchen Apparat Wasser in analoger Weise wie die Volta'sche Säule zersetzen könne; ich glaube vielmehr gegenwärtig, dass solches stattfinde. Allein wenn nur die meiner Meinung nach wahre elektro-chemische Zersetzung auftrat, war die entwickelte Gasmenge so klein, dass ich nicht ermitteln konnte, ob, was ich erwartete, Sauerstoff bloss an einem

und Wasserstoff an dem anderen Draht entwickelt wurde. Von den beiden Gasströmen schien der eine bedeutender als der andere, und wenn ich den Apparat umdrehte, gab noch dieselbe Seite, in Bezug auf die Elektrisirmaschine, den grösseren Strom. Nahm ich Glaubersalz-Lösung statt des reinen Wassers (329), so waren diese kleinen Ströme noch zu beobachten. Allein die Quantitäten waren so gering, dass ich nach halbstündigem Drehen der Maschine an keinem der Pole eine Gasblase grösser als ein Sandkörnchen erhalten konnte. Ist der Schluss, welchen ich hinsichtlich des Betrags der chemischen Action gegeben habe (377), richtig, so muss dies auch so sein.

331. Ich bin um so eifriger bemüht gewesen, den wahren Werth dieses Versuchs als eines Beweises für elektro-chemische Action festzustellen, weil ich Gelegenheit haben werde, mich in allen Fällen einer angeblichen chemischen Action durch magneto-elektrische und andere elektrische Ströme (336. 346) darauf zu berufen. Allein abgesehen davon kann nicht bezweifelt werden, dass *Wollaston* in seiner allgemeinen Folgerung Recht hat, dass Volta'sche und gemeine Elektricität chemische [299] Zersetzungskräfte von gleicher Natur und unter gleichem Anordnungsgesetze stehend besitzen.

332. IV. Physiologische Effecte. Das Vermögen des gemeinen elektrischen Stromes, den thierischen Organismus zu erschüttern und in Zuckungen zu versetzen, und, wenn er schwächer ist, auf die Zunge und die Augen zu wirken, kann als gleich betrachtet werden mit der ähnlichen Kraft der Volta'schen Elektricität, wenn man die Intensität der einen und die Dauer der anderen Elektricität berücksichtigt. Bringt man eine feuchte Schnur in die Bahn des Stromes aus einer Leidener Batterie (291), welche durch acht bis zehn Umdrehungen einer wirksamen Elektrisirmaschine (290) geladen ist, und vollzieht die Entladung mittelst Platinspatel durch die Zunge oder das Zahnfleisch, so sind die Wirkungen auf die Zunge und die Augen genau denen eines schwachen Volta'schen Apparates gleich.

333. V. Funken. Der schöne Funken bei Entladung gemeiner Elektricität ist wohl bekannt. Er wetteifert an Glanz mit dem bei der Entladung Volta'scher Elektricität, wenn er ihn nicht gar übertrifft; allein er dauert nur einen Augenblick und ist von einem scharfen Geräusch, ähnlich dem einer kleinen Explosion, begleitet. Doch kann es, besonders unter gewissen Umständen, keine Schwierigkeit haben, einzusehen,

dass es derselbe Funke sei, wie der von der Volta'schen Batterie. Das Auge kann keinen Unterschied zwischen dem Volta'schen und dem gemeinen elektrischen Funken wahrnehmen, wenn man sie bloss in Intervallen zwischen amalgamirten Metallflächen und durch eine gleiche Luftstrecke überspringen lässt.

334. Wurde die Batterie (291) durch eine feuchte Schnur entladen, die entfernt von der Stelle, wo der Funke überspringen musste, einen Theil des Bogens ausmachte, so war der Funke gelblich, flammend und von längerer Dauer als wenn das Wasser nicht eingeschaltet wurde; dabei hatte er eine Länge von drei Viertelzoll, [**300**] wenig oder kein Geräusch zu seiner Begleitung und, während er einen Theil seines gewöhnlichen Charakters verlor, mehr Aehnlichkeit mit dem Volta'schen Funken. Wurde die Elektricität durch Wasser verzögert und zwischen Kohlenstücken entladen, so war der Funke ausserordentlich leuchtend auf beiden Kohlenflächen und ähnelte in Helligkeit dem Volta'schen Funken an solchen Oberflächen. Wurde die Elektricität unverzögert durch Kohle entladen, so war der Funke hell auf beiden Kohlenflächen und darin dem Volta'schen Funken ähnlich, allein begleitet von einem scharfen, lauten und gellenden Geräusch.

335. Ich habe, ich glaube übereinstimmend mit der Meinung aller Physiker, angenommen, dass die atmosphärische Elektricität von gleicher Natur sei wie die gemeine Elektricität (284), und könnte mich daher auf gewisse publicirte Angaben von chemischen Wirkungen der ersteren berufen, als Beweis, dass die letztere wirklich die Zersetzungskraft mit der Volta'schen Elektricität gemein habe. Allein der Vergleich, mit dem ich beschäftigt bin, ist zu streng, als dass ich mir erlauben könnte, Angaben zu benutzen, ohne von deren voller Richtigkeit versichert zu sein. Andererseits habe ich kein Recht, sie zu ignoriren, weil sie, wenn sie richtig sind, das beweisen, was ich auf einer unzweifelhaften Grundlage beweisen will, sie also die Priorität vor meinen Versuchen voraus hätten.

336. Hr. *Bonijol* in Genf*) soll einen sehr empfindlichen Apparat zur Zersetzung des Wassers durch gemeine Elektricität construirt haben. Durch Verbindung eines isolirten Blitzableiters mit diesem Apparat geschah die Zersetzung des

*) Biblioth. universelle, 1830, T. XLV p. 213.

Wassers in einer unausgesetzten und raschen Weise, selbst wenn die atmosphärische Elektricität nicht sehr kräftig war. Der Apparat ist nicht beschrieben; doch, da gesagt wird, der Draht sei sehr dünn, [**301**] so scheint er mir von ähnlicher Construction gewesen zu sein als der von *Wollaston* (327), und da dieser keinen Fall von wahrer polarer elektro-chemischer Zersetzung liefert (328), so scheint mir dies Resultat des Hrn. *Bonijol* die Identität der gemeinen und Volta'schen Elektricität, in Bezug auf chemische Action, nicht zu beweisen.

337. Auf demselben Blatte wird in der Bibliothèque universelle gesagt, Hr. *Bonijol* habe Kali und auch Chlorsilber zersetzt, indem er diese Körper in sehr enge Röhren brachte und elektrische Funken aus einer gewöhnlichen Elektrisirmaschine über sie springen liess. Es ist klar, dass diese Erscheinungen keine Aehnlichkeit haben mit den Fällen einer wahrhaften Volta'schen Zersetzung, wo die Elektricität nur zersetzt, wenn sie von dem ihrer Einwirkung ausgesetzten Körper geleitet wird, und aufhört nach ihren gewöhnlichen Gesetzen zu zerlegen, sobald sie in Funken überspringt. Diese Erscheinungen sind wahrscheinlich denen, welche in *Pearson*'s und *Wollaston*'s Apparat mit Wasser stattfanden, theilweise analog und können durch Einwirkung einer sehr hohen Temperatur auf kleine Mengen der Substanz entstanden sein, oder auch den Resultaten in Luft (322) zur Seite gestellt werden. Da Stickstoff sich unter dem Einfluss des elektrischen Funkens direct mit Sauerstoff verbinden kann (324), so wäre es nicht unmöglich, dass derselbe sogar einem Theil des Kalis Sauerstoff entzogen hätte, zumal reichlich Kali zugegen war, um sich mit der gebildeten Salpetersäure zu verbinden. Wie verschieden alle diese Vorgänge auch von wahrhafter polarer elektro-chemischer Zersetzung sein mögen, so sind sie doch sehr wichtig und wohl untersuchenswerth.

338. Der verstorbene Hr. *Barry* hat im verwichenen Jahr der K. Gesellschaft einen Aufsatz mitgetheilt*), der in dem Detail so deutlich ist, dass es scheinen [**302**] könnte, als sei dadurch auf einmal die Identität der gemeinen und Volta'schen Elektricität, in Bezug auf chemische Action, erwiesen; bei näherer Untersuchung aber zeigen sich bedeutende Schwierigkeiten, gewisse Beobachtungen mit anderen zu vereinbaren. Er

*) Philosoph. Transact. 1831, p. 165 (Ann. Bd. XXVII S. 478).

gebrauchte zwei Röhren mit einem an ihrem Ende eingeschmolzenen Draht, wie man sie zu Volta'schen Zersetzungen anwendet. Die Röhren waren mit einer durch Veilchensyrup gefärbten Glaubersalz-Lösung gefüllt und auf gewöhnliche Weise durch eine Portion derselben Lösung mit einander verbunden. Der Draht in der einen Röhre war durch einen unechten Golddraht mit der isolirten Schnur eines elektrischen Drachens verbunden, der Draht in der anderen Röhre durch einen ähnlichen Draht mit dem Boden. Alsbald erschien Wasserstoff in der mit dem Drachen verbundenen Röhre und Sauerstoff in der anderen, in zehn Minuten war die Lösung in der ersten Röhre durch entbundenes Alkali grün und die in der anderen Röhre durch frei gewordene Säure roth. Die einzige Angabe von der Stärke der atmosphärischen Elektricität liefert die Aeusserung: »Beim Anfassen der Schnur wurden die gewöhnlichen elektrischen Schläge gefühlt«.

339. Dass die Elektricität in diesem Falle nicht der aus einer gewöhnlichen Quelle gemeiner Elektricität ähnele, zeigen mehrere Umstände. *Wollaston* konnte bei Anwendung gemeiner Elektricität mit einer solchen Vorrichtung kein Wasser zerlegen und die Gase in getrennten Gefässen erhalten; noch hat irgend einer der vielen Physiker, welche einen solchen Apparat anwandten, Wasser oder ein neutrales Salz mittelst der Elektrisirmaschine in solcher Weise zersetzen können. Neulich habe ich den Versuch mit einer grossen sehr wirksamen Elektrisirmaschine (290) wiederholt; allein wiewohl er eine Viertelstunde lang fortgesetzt und die Maschine währenddessen siebenhundert Mal umgedreht ward, so zeigten sich doch keine sichtbaren Wirkungen. Dennoch mussten die Schläge, [**303**] welche die Maschine gegeben haben würde, weit kräftiger und zahlreicher sein als die, welche man, mit nur einiger Vorsichtigkeit, der Schnur eines elektrischen Drachens entlocken darf. Aus dem Vergleich, welchen ich später (371) anstellen werde, wird man ersehen, dass, wenn gemeine Elektricität die Wirkung hervorgebracht hätte, ihre Quantität erschrecklich gross gewesen sein müsste, und anscheinend weit grösser als die, welche durch einen Golddraht in den Boden geleitet werden, und zugleich die »gewöhnlichen Schläge« geben konnte.

340. Dass die Elektricität anscheinend nicht der Volta'schen Elektricität gleich war, erhellt daraus, dass nur die »gewöhnlichen Schläge« erzeugt wurden und nicht die ent-

setzliche Empfindung, welche die Volta'sche Säule hervorbringt, selbst wenn sie eine so schwache Spannung hat, dass sie nicht durch eine Luftschicht von der Dicke eines Achtelzolls überschlägt.

341. Möglicherweise konnte die Luft, welche den Drachen und seine Schnur umgab, wiewohl sie sich nur in dem elektrischen Zustand befand, um bloss die »gewöhnlichen Schläge« hervorzubringen, doch, nachdem die Elektricität ausgezogen worden, ihre Ladung erneuen und so den Strom unterhalten. Die Schnur war 1500 Fuss lang und enthielt zwei Doppeldrähte. Wenn man bedenkt, welche ungeheure Menge (von Elektricität) dadurch gesammelt worden sein musste (371. 376), so wird die Erklärung sehr zweifelhaft. Ich lud eine Volta'sche Batterie von zwanzig Plattenpaaren (jede Platte von vier Quadratzoll und die Kupferplatten doppelt) sehr stark, isolirte sie, verband ihr positives Ende mit dem Ableiter (292) und ihren negativen Pol mit einem dem *Barry*'schen ähnlichen Apparat, der durch einen drei Zoll tief in den Boden gesteckten Draht mit diesem in Verbindung stand. So vorgerichtet bewirkte diese Batterie nur schwache Zersetzungen, so weit ich beurtheilen konnte, im Vergleich mit der von Hrn. *Barry* gegebenen Beschreibung. [304] Ihre Intensität war demnach weit geringer als die der Elektricität der Drachenschnur und sie gab also auch keine Schläge, die mit den »gewöhnlichen Schlägen« einer Drachenschnur zu vergleichen gewesen wären.

342. Hrn. *Barry*'s Versuch ist sehr wichtig und wiederholenswerth. Bestätigt er sich, so liefert er meines Wissens den ersten berichteten Fall einer wahren elektro-chemischen Zersetzung des Wassers durch gemeine Elektricität und lehrt eine Form des elektrischen Stromes kennen, welche, sowohl in Quantität als Intensität, zwischen dem Strom der Elektrisirmaschine und dem der Volta'schen Säule genau in der Mitte steht[3]).

[365] **3. Magneto-Elektricität.**

343. Spannung. Die Anziehungen und Abstossungen vermöge elektrischer Spannung sind an der durch magneto-elektrische Induction erregten Elektricität genügend beobachtet worden. Hr. *Pixii* hat, mittelst seines in der Construction ebenso niedlichen, als in der Wirkung kräftigen Apparats*),

*) Ann. de chim. et de phys. T. L p. 322 (*Pogg.* Ann. Bd. XXVII S. 390).

die Goldblättchen eines Elektrometers zu starker Divergenz gebracht*).

344. In Bewegung: I. Wärmeentwicklung. Der durch magneto-elektrische Induction erregte Strom kann, wie die gewöhnliche Elektricität, einen Draht erhitzen. Bei der Versammlung britischer Naturforscher zu Oxford im Juni 1832 habe ich das Vergnügen gehabt, gemeinschaftlich mit den HH. *Harris*, *Daniell*, *Duncan* und Anderen einen [**366**] Versuch anzustellen, zu welchem der grosse Magnet in dem dortigen Museum, Hrn. *Harris*' neues Elektrometer (287) und das in meinem ersten Aufsatz (34) beschriebene magneto-elektrische Drahtgewinde in Anwendung kamen. Das letztere war so abgeändert, wie ich es anderswo beschrieben habe**), um bei Unterbrechung der Berührung mit dem Magnet einen elektrischen Funken zu erhalten. Die Enden des Drahtgewindes, die so gestellt waren, dass ihre gegenseitige Berührung unterbrochen ward, wenn der Funken überschlug, standen mit dem Elektrometer in Verbindung, und es fand sich, dass bei jedesmaliger Vollziehung oder Unterbrechung des magnetischen Contactes eine Ausdehnung der Luft in dem Instrument stattfand, zum Beweise, dass gleichzeitig die Temperatur des Drahtes erhöht worden war.

345. II. Magnetismus. Es war ihre magnetische Kraft, durch welche diese Ströme entdeckt wurden.

346. III. Chemische Zersetzung. Mehrmals habe ich mich bemüht, chemische Zersetzungen durch die Magneto-Elektricität hervorzubringen, allein ohne Erfolg. Im Juli 1832 bekam ich einen anonymen Brief, der seitdem bekannt gemacht ist***), mit der Beschreibung eines magneto-elektrischen Apparats, durch welchen Wasser zersetzt sein sollte. Da darin der Ausdruck »bewaffnete Spitzen« gebraucht war, so schloss ich, der Apparat sei dem *Wollaston*'schen ähnlich (327 u. ff.), und in diesem Falle würden die Resultate keine polare elektrochemische Zersetzung angezeigt haben. Neuerlich hat Herr *Botto* gewisse von ihm erhaltene Resultate bekannt gemacht†),

*) Ann. de chim. et de phys. T. LI p. 77 (*Pogg.* Ann. Bd. XXVII S. 398).

**) Phil. Mag. and Annals, 1832, Vol. XI p. 405 (*Pogg.* Ann. Bd. XXV S. 187).

***) Lond. et Edinb. Phil. Mag. 1832, Vol. I p. 161 (*Pogg.* Ann. Bd. XXVII S. 391).

†) Ebendaselbst, Vol. I p. 441 (*Pogg.* Ann. Bd. XXVII S. 392).

aus denen sich aber, wie sie beschrieben [367] sind, keine Folgerung ziehen lässt. Der von ihm angewandte Apparat war, so scheint es, dem *Wollaston*'schen ähnlich, der nur trügerische Resultate liefert (327 u. ff.). Da die Magneto-Elektricität Funken giebt, so lassen sich die Wirkungen eines solchen Apparats vorhersehen. Der bereits (343) erwähnte Apparat des Hrn. *Pixii* hat jedoch in dessen*) und Herrn *Hachette*'s**) Händen entscheidende Resultate geliefert, so dass demnach nun auch dieses Glied in der Kette der Beweise nicht mehr fehlt. Man hat Wasser durch diesen Apparat zersetzt, und zwar so, dass Sauerstoff- und Wasserstoffgas in getrennten Röhren erschienen, gemäss dem Gesetze, welches die Volta-elektrischen und maschinen-elektrischen Zersetzungen bedingt.

347. IV. Physiologische Wirkungen. Schon bei den ersten Versuchen mit diesen Strömen wurde ein Frosch in Zuckungen versetzt (56). Die Empfindung auf der Zunge und vor den Augen, welche ich anfänglich nur in schwachem Grade erhielt (56), sind seitdem mit kräftigeren Apparaten so verstärkt worden, dass sie sogar unangenehm wurden.

348. V. Funken. Der schwache Funken, welchen ich anfänglich mit diesen Strömen bekam (32), ist späterhin von den HH. *Antinori* und *Nobili* auf so mannigfaltige Weise und stark erhalten worden, dass kein Zweifel an der Einerleiheit dieses und des gemeinen elektrischen Funkens übrig bleiben kann.

4. Thermo-Elektricität.

349. Was die Thermo-Elektricität, jene schöne von *Seebeck* entdeckte Form der Elektricität, betrifft, so sind die Umstände, unter welchen sie erregt wird, von der Art, [368] dass sich nicht erwarten lässt, sie gleich der gemeinen Elektricität auf einen hohen Grad von Spannung gebracht zu sehen. Man darf also auch nicht die von der Spannung bedingt werdenden Erscheinungen bei ihr erwarten. Die Thatsachen in Betreff ihrer Analogie mit den bereits beschriebenen Elektricitäten kommen, glaube ich, auf folgende zurück. In Spannung: Anziehungen und Abstossungen in Folge eines gewissen

---

*) Ann. de chim. et de phys. T. LI p. 77 (*Pogg.* Ann. Bd. XXVII S. 398).

**) Ebendaselbst, p. 72 (*Pogg.* Ann. Bd. XXVII S. 392.

Grades von Spannung sind noch nicht beobachtet. In Strömung: I. Wärmeentwicklung. Ich weiss nicht, dass man das Vermögen der Wärmeerregung schon bei ihr beobachtet habe. II. Magnetismus. Durch ihre magnetischen Kräfte ist sie entdeckt und auch am besten erkennbar. III. Chemische Zersetzung ist mit ihr noch nicht erhalten worden. IV. Physiologische Wirkungen. Wie *Nobili* gezeigt hat*), versetzen diese Ströme den Frosch in Zuckungen. V. Funken. Sind noch nicht beobachtet.

350. So sind also nur diejenigen Wirkungen schwach oder gar nicht vorhanden, welche von einem gewissen hohen Grade von Intensität abhängen. Wenn die gemeine Elektricität auf einen ähnlichen Grad von Intensität herabgebracht wird, kann sie ebenfalls nur die Wirkungen der Thermo-Elektricität hervorbringen.

5. Thierische Elektricität.

351. Nach Durchsicht der Versuche von *Walsh***), *Ingenhouss****), *Cavendish*†), *H. Davy*††) und [369] *J. Davy*†††) hege ich keinen Zweifel mehr an der Einerleiheit der Elektricität des Zitterrochens mit der gemeinen und Volta'schen Elektricität; ich setze voraus, dass Andere eben so wenig daran zweifeln, und dass es mir daher erlaubt sei, mich weiter nicht in die Beweise für jene Identität einzulassen. Die von *H. Davy* aufgeworfenen Zweifel sind durch seinen Bruder *John Davy* beseitigt, indem der Letztere entgegengesetzte Resultate ererhalten hat. Gegenwärtig sind die Belege folgende:

352. Spannung. Anziehungen oder Abstossungen, die von Spannung herrührten, sind nicht beobachtet worden.

353. In Bewegung. I. Wärmeentwicklung. Ist noch nicht beobachtet; doch zweifle ich nicht, dass sie mit *Harris*' Elektrometer (287. 359) wahrnehmbar sein werde.

354. II. Magnetismus. Vollkommen deutlich. Nach *J. Davy* lenkt der Strom nicht nur die Magnetnadel ab, sondern magnetisirt auch Stahlnadeln, was die Richtung betrifft,

*) Biblioth. univers. T. XXXVII p. 15 (*Pogg.* Ann. Bd. XIV S. 161).

**) Philosoph. Transact. 1773, p. 461.

***) Ebendaselbst, 1775, p. 1.

†) Ebendaselbst, 1776, p. 196.

††) Ebendaselbst, 1829, p. 15 (*Pogg.* Ann. Bd. XVI S. 311).

†††) Ebendaselbst, 1832, p. 259 (*Pogg.* Ann. Bd. XXVII S. 542).

nach demselben Gesetz, welches die Ströme gemeiner und Volta'scher Elektricität bedingt*).

355. III. Chemische Zersetzung. Ebenfalls deutlich; und obwohl *J. Davy* einen Apparat von ähnlicher Construction wie der *Wollaston*'sche angewandt hat, so kann doch dadurch kein Irrthum herbeigeführt worden sein, weil die Zersetzungen polar, wahrhaft elektro-chemisch waren. Durch die Richtung der abgelenkten Magnetnadel hat er gefunden, dass die Unterseite des Fisches negativ und die Oberseite positiv war, dass bei der chemischen Zersetzung Silber und Blei an dem mit der Unterseite verbundenen Draht und nicht an dem anderen ausgeschieden wurden. Bei Anwendung von Stahl- [**370**] oder Silberdrähten stieg in Kochsalzlösung Gas (Wasserstoffgas?) vom negativen Draht, aber nicht vom positiven auf.

356. Ein anderer Grund für die elektro-chemische Natur der Zersetzung ist der, dass ein *Wollaston*'scher Apparat, construirt aus Drähten mit einer Bekleidung von Siegellack, wahrscheinlich, selbst auf die ihm eigene Weise, Wasser nicht zersetzt haben würde, wenn nicht die Elektricität von solcher Intensität gewesen wäre, dass sie Funken in einigen Theilen des Bogens gegeben hätte. Der Zitterrochen aber vermochte keine sichtbaren Funken zu geben. Ein dritter Grund ist der, dass das Wasser in *Wollaston*'s Apparat desto reichlicher zersetzt wird, je reiner es ist. Der Versuch, welcher mir mittelst der Maschine und zweier Drahtspitzen mit destillirtem Wasser vollkommen gelang, schlug gänzlich fehl, wenn ich das Wasser durch Zusatz von Glaubersalz, Kochsalz oder anderen Salzen besser leitend gemacht hatte. Allein in *J. Davy*'s Versuchen wurden starke Lösungen von Salz, salpetersaurem Silber und Bleizucker mit Erfolg angewandt, ohne Zweifel mit grösserem Erfolg als schwache Lösungen.

357. IV. Physiologische Wirkungen. So auffallend, dass durch sie die eigenthümlichen Kräfte der Torpedo und des Gymnotus aufgefunden worden sind.

358. V. Funken. Sind bis jetzt noch nicht erhalten, wenigstens glaube ich es nicht; doch thue ich vielleicht besser, mich auf die vorhandenen Angaben zu berufen. *Humboldt*, indem er von den Resultaten des Hrn. *Fahlberg*, eines Schweden, spricht, sagt: »Dieser Physiker hat einen elektrischen

*) Philos. Trans. 1832, p. 260 (*Pogg.* Ann. Bd. XXVIII S. 543).

Funken gesehen, wie *Walsh* und *Ingenhouss* vor ihm, wenn er den Gymnotus an die Luft brachte und die Kette durch zwei auf Glas geklebte, eine Linie von einander abstehende Goldblättchen unterbrach«*). Ich kenne jedoch keine [**371**] solche Beobachtung von *Walsh* und *Ingenhouss* und weiss auch nicht eine nähere Nachricht über die von *Fahlberg* aufzufinden[4]). Hr. *v. Humboldt* selbst konnte keine Lichterscheinung wahrnehmen.

Leslie, in seinem der siebenten Auflage der Encyclopaedia Britannica, Edinburgh 1830, p. 622 vorangeschickten Bericht über die Fortschritte der mathematischen und physikalischen Wissenschaften, sagt dagegen: »Aus einem in London gezeigten gesunden Exemplar von Silurus electricus (man sollte eher meinen: Gymnotus) hat man im Dunkeln lebhafte Funken ausgezogen«; allein er sagt nicht, dass er selbst sie sah, noch wer sie sah, und eben so wenig kann ich sonst einen Bericht über ein solches Phänomen auffinden. Es bleibt also diese Angabe mindestens zweifelhaft**).

359. Am Schlusse dieser Aufzählung der elektrischen Eigenschaften des Zitterrochens muss ich noch bemerklich machen, welche ungeheure Menge von Elektricität dieses Thier bei jeder Anstrengung in Umlauf setzt. Es ist noch zweifelhaft, ob irgend eine gewöhnliche Elektrisirmaschine im Stande wäre, so viel Elektricität in denkbarer Zeit zu liefern, um eine wirkliche elektro-chemische Zersetzung des Wassers zu bewirken (330. 339), und doch hat es der Zitterrochen bereits vermocht. Auch die magnetischen Wirkungen (296. 371) sprechen für die Grösse der Elektricitätsmenge. Diese Umstände deuten [**372**] an, dass der Zitterrochen die Fähigkeit habe (wahrscheinlich in der von *Cavendish* beschriebenen Weise), die Elektricitätserregung eine merkliche Zeit hindurch fortzusetzen, so dass seine successiven Entladungen mehr denen eines in seiner Wirkung intermittirenden Volta'schen Apparats, als denen einer vielmals hinter einander geladenen und entladenen Leidener Batterie ähneln. In Wirklichkeit ist jedoch kein physikalischer Unterschied zwischen diesen beiden Fällen da.

---

*) Edinb. Philosoph. Journ. T. II p. 249.

**) Hr. *Brayley*, welcher mir diese Angaben mittheilte und sehr ausgedehnte litterarische Kenntnisse besitzt, erinnert sich keiner weiteren Nachricht über diesen Gegenstand.

360. Der allgemeine Schluss, welcher, glaube ich, aus dieser Sammlung von Thatsachen gezogen werden muss, ist der: dass die Elektricität, aus welcher Quelle sie auch entsprungen sei, identisch ist in ihrer Natur. Die Erscheinungen der fünf aufgeführten Arten von Elektricität sind nicht in ihrem Wesen, sondern nur dem Grade nach verschieden, und sie variiren in dieser Beziehung nach Maassgabe der veränderlichen Umstände von Quantität und Intensität*), welche fast bei jeder dieser Elektricitätsarten nach Belieben eben so stark verändert werden können, als sie verschieden sind bei der einen und der anderen Art.

Tafel über die Wirkungen, welche den Elektricitäten von verschiedener Abkunft gemein sind.

	Volta'sche Elektr.	Gemeine Elektr.	Magneto-Elektr.	Thermo-Elektr.	Thierische Elektr.
Physiologische Wirkung . .	x	x	x	x	x
Ablenkung der Magnetnadel	x	x	x	x	x
Magnetisiren	x	x	x	?	x
Funken	x	x	x		?
Wärmeerregung	x	x	x	?	
Wahre elektro-chemische Wirkung	x	x	x		x
Anziehung und Abstossung	x	x	x		
Entladung durch heisse Luft	x	x			

[373]

VIII. Maass-Beziehung zwischen der gemeinen und der Volta'schen Elektricität.

361. Nachdem ich die Identität zwischen diesen beiden Elektricitäten hinlänglich festgestellt glaubte, bemühte ich mich, für die Quantität der durch die Maschine und die Volta'sche Säule erregten Elektricität ein gemeinsames Maass oder eine bekannte Beziehung aufzufinden, nicht bloss um ihre Identität zu bestätigen (378), sondern auch um gewisse allgemeine Sätze (366. 377 u. ff.) zu beweisen und den Mitteln

*) Der Ausdruck Quantität ist bei der Elektricität vielleicht hinreichend verständlich, der Intensität dagegen schwieriger genau zu definiren. Ich gebrauche beide Ausdrücke in der gewöhnlichen und gegenwärtig angenommenen Bedeutung.

zur Erforschung oder Anwendung dieses wundervollen und feinen Agens eine grössere Ausdehnung zu verschaffen.

362. Zuerst war zu bestimmen, ob eine gleiche absolute Menge von gemeiner Elektricität, unter verschiedenen Umständen durch ein Galvanometer gesandt, eine gleiche Ablenkung der Magnetnadel erzeugen würde. Ich versah daher das Galvanometer mit einer willkürlichen Scala, an der jede Abtheilung etwa 4° betrug, und stellte das Instrument wie bei dem früheren Versuche auf (296). Die Maschine (290), die Batterie (291) und die übrigen Theile des Apparats wurden in gute Ordnung gebracht und während der Zeit des Versuchs so nahe als möglich in demselben Zustand erhalten. Mit den Versuchen wurde abgewechselt, so dass jede Veränderung in dem Zustande des Apparats sichtbar ward und die nöthigen Berichtigungen gemacht werden konnten.

363. Sieben Flaschen wurden aus der Batterie fortgenommen und acht zum Gebrauche beibehalten. Es fand sich, dass etwa vierzig Umdrehungen die acht Flaschen vollständig luden. Sie wurden darauf durch dreissig Umdrehungen geladen und nun durch das Galvanometer entladen, während eine dicke feuchte Schnur von etwa 10 Zoll Länge in den Bogen eingeschaltet war. Sogleich wurde die Nadel um $5\frac{1}{2}$ Abtheilungen nach der einen [**374**] Seite vom Nullpunkt abgelenkt und beim Vibriren ging sie so nahe als möglich durch $5\frac{1}{2}$ Abtheilungen nach der anderen Seite.

364. Jetzt wurden die übrigen sieben Flaschen den acht hinzugefügt und sämmtliche fünfzehn durch dreissig Umdrehungen der Maschine geladen. Ein *Henley*'sches Elektrometer stand nicht ganz halb so hoch als zuvor; allein als die Ladung durch das zuvor zur Ruhe gebrachte Galvanometer geleitet wurde, vibrirte die Nadel sogleich und erreichte genau denselben Theilpunkt wie vorhin. Diese Versuche mit acht und mit fünfzehn Flaschen wurden mehrmals abwechselnd wiederholt, und immer mit demselben Erfolge.

365. Es wurde nun die gesammte Batterie zum Versuch genommen und ihre Ladung (von fünfzig Umdrehungen der Maschine) durch das Galvanometer gesandt, doch so modificirt, dass sie zuweilen bloss durch einen feuchten Faden ging, zuweilen durch eine mit destillirtem Wasser angefeuchtete dünne Schnur von 38 Zoll Länge, zuweilen durch eine zwölf Mal dickere Schnur von nur 12 Zoll Länge, und getränkt mit verdünnter Säure (298). Mit der dicken Schnur ging die

Ladung auf einmal durch, mit der dünnen Schnur gebrauchte sie eine wahrnehmbare Zeit, und mit dem Faden waren zwei bis drei Secunden erforderlich, bevor das Elektrometer ganz niedersank. Der Strom musste demnach in diesen drei Fällen ungemein an Intensität verschieden sein und doch war die Ablenkung der Magnetnadel in allen fast gleich. Zeigte sich etwa ein Unterschied, so war die Ablenkung bei der dünnen Schnur und dem Faden etwas grösser. Findet, wie *Colladon* sagt, eine Seitenfortpflanzung durch die Seide des Galvanometergewindes statt, so muss dies so sein, weil, wenn die Intensität schwächer ist, die Seitenfortpflanzung geringer wird.

366. Hieraus geht hervor, dass, wenn die Elektricität in gleicher absoluter Menge durch das Galvanometer [**375**] geleitet wird, wie gross auch ihre Intensität sein mag, die ablenkende Kraft auf die Magnetnadel gleich ist[5]).

367. Die Batterie von fünfzehn Flaschen wurde nun durch sechzig Umdrehungen der Maschine geladen und wie zuvor durch das Galvanometer entladen. Die Nadel wurde nun sehr nahe bis zum elften Theilpunkt abgelenkt, doch war die Theilung nicht so genau, um mich zu überzeugen, dass der Bogen jetzt gerade doppelt so gross als zuvor war; dem Auge schien es jedoch so. Wahrscheinlichkeit hat es also, dass die ablenkende Kraft eines elektrischen Stromes[6]) direct proportional ist der absoluten Menge der durchgegangenen Elektricität, wie gross ihre Intensität übrigens auch sei*).

368. Dr. *Ritchie* hat gezeigt, dass in einem Fall, wo die Intensität der Elektricität sich gleich blieb, die Ablenkung der Magnetnadel sich direct wie die Menge der durch das Galvanometer geleiteten Elektricität verhielt**). Hr. *Harris* hat gezeigt, dass das Vermögen der gemeinen Elektricität, Drähte zu erhitzen, gleich ist bei gleicher Quantität der Elektricität, welche Intensität sie übrigens auch besitze***).

---

*) Der grosse und allgemeine Werth des Galvanometers, als eines wirklichen Messers der entweder continuirlich oder unterbrochen durch denselben geleiteten Elektricität, muss aus diesen beiden Schlüssen einleuchtend sein. Das von *Ritchie* mit Glasfäden construirte Galvanometer (Philosoph. Transact. 1830, p. 218, und Quarterly Journ. of Science N. S. Vol. I p. 29) scheint in seinem Gebiete nichts mehr zu wünschen übrig zu lassen.

**) Quarterly Journ. of Science. N. S. Vol. I p. 33.

***) Plymouth Transact. p. 22.

369. Mein nächstes Ziel war nun, eine Volta'sche Vorrichtung zu erhalten, die gleiche Wirkung wie die eben beschriebene (367) ausüben würde. Ein Platin- und **[376]** ein Zinkdraht, beide durch dasselbe Loch eines Zieheisens gezogen und ein Achtzehntel eines Zolls im Durchmesser haltend, wurden auf einem Träger befestigt, so dass ihre unteren Enden in einem Abstande von fünf Sechzehntel eines Zolls parallel neben einander herabhingen. Die oberen Enden wurden mit den Galvanometerdrähten wohl verknüpft. Es wurde Säure verdünnt und, nach verschiedenen vorläufigen Versuchen, diejenige zur Norm genommen, welche aus einem Tropfen concentrirter Schwefelsäure und vier Unzen Wasser bestand. Endlich wurde die Zeit aufgezeichnet, welche die Nadel gebrauchte, um entweder von der Rechten zur Linken oder von der Linken zur Rechten zu schwingen; sie war gleich 17 Schlägen meiner Uhr, von denen 150 auf eine Minute gingen. Der Zweck dieser Vorbereitungen war, einen Volta-schen Apparat so einzurichten, dass er bei Eintauchung in eine gegebene Säure während einer gegebenen Zeit, die indess viel geringer war, als zum Schwingen der Nadel in einer Richtung erfordert ward, eine eben so starke Ablenkung dieser Nadel hervorbrachte, als eine Entladung gemeiner Elektricität aus der Batterie (363. 364). Nachdem ein neues Stück des Zinkdrahts in die angeführte Lage gegen den Platindraht gebracht worden, wurde der vergleichende Versuch angestellt.

370. Als der Zink- und der Platindraht fünf Achtelzoll tief in die Säure getaucht und acht Uhrschläge lang darin gelassen (und dann rasch herausgezogen) wurden, wich die Nadel ab und fuhr fort, noch einige Zeit nach der Herausziehung des Apparats aus der Säure in derselben Richtung vorzurücken. Sie erreichte die Mitte zwischen dem fünften und sechsten Theilpunkt, kehrte dann zurück und schwang nach der anderen Seite eben so weit. Dieser Versuch wurde mehrmals, und immer mit demselben Erfolg, wiederholt.

371. Bloss aus der magnetischen Kraft zu urtheilen, kann man es demnach für jetzt (376) als eine Annäherung **[377]** annehmen, dass zwei Drähte, einer von Platin und der andere von Zink, die ein Achtzehntel eines Zolls dick sind, und, in einem Abstande von fünf Sechzehntel Zoll, fünf Achtelzoll tief in ein Gemenge von einem Tropfen Vitriolöl und vier Unzen destillirten Wassers von etwa 60° F. Temperatur ein-

getaucht und an ihren anderen Enden mit einem achtzehn Fuss langen und ein Achtzehntel Zoll dicken, als Galvanometergewinde dienenden Kupferdraht verbunden worden sind, eben so viel Elektricität in acht Schlägen meiner Uhr oder in $^{8}/_{150}$ einer Minute liefern, als die durch dreissig Umdrehungen einer grossen, sehr wirksamen Elektrisirmaschine (363. 364) geladene elektrische Batterie. Trotz dieses ungeheuer scheinenden Missverhältnisses sind die Resultate in völligem Einklang mit denen, welche von der Elektricität bei Variationen der Intensität und Quantität bekannt sind.

372. Um auch für die chemische Action einen Vergleichungspunkt zu haben, wurden die Drähte jetzt fünf Achtel Zoll tief in die Säure getaucht erhalten und die Nadel, wenn sie zur Ruhe gekommen, beobachtet; sie stand, so genau als es das unbewaffnete Auge unterscheiden konnte, auf $5^{1}/_{3}$ Theilpunkt. Eine bleibende Ablenkung von dieser Grösse kann demnach betrachtet werden als Anzeiger eines constanten elektrischen Stromes, welcher in acht Schlägen meiner Uhr so viel Elektricität liefert als die elektrische Batterie, geladen durch dreissig Umdrehungen der Maschine.

373. Folgende Vorrichtungen und Resultate sind aus vielen Erfahrungen ausgewählt. An einem Platindraht, von einem Zwölftelzoll im Durchmesser und 260 Gran wiegend, war das eine Ende eben gemacht, so dass es eine wohl begrenzte Kreisfläche von gleichem Durchmesser mit dem Drahte darbot. Er wurde dann abwechselnd mit dem Conductor der Maschine oder mit dem Volta'schen Apparat (369) verbunden, und so, dass er immer den positiven Pol bildete und zugleich senkrecht [**378**] stand, damit er mit seinem ganzen Gewicht auf das angewandte Reagenzpapier drücken möge. Das Reagenzpapier lag seinerseits auf einem Platinspatel, der entweder mit der Ableitung (292) oder mit dem negativen Draht des Volta'schen Apparats in Verbindung stand; es war vielfach zusammengelegt und allemal in gleichem Grade mit einer Normallösung von Jodkalium (316) angefeuchtet.

374. Wenn der Platindraht mit dem ersten Conductor der Maschine und der Spatel mit der Ableitung verbunden war, übten zehn Umdrehungen der Maschine eine solche Zersetzungskraft aus, dass ein blasser runder Jodfleck gleich dem Durchschnitt des Drahtes erzeugt wurde; zwanzig Umdrehungen machten einen dunkleren Fleck und dreissig einen so dunkelbraunen, dass er auf der zweiten Lage des Papiers sichtbar

war. Der Unterschied in der Wirkung durch zwei bis drei Umdrehungen mehr oder weniger konnte mit Leichtigkeit erkannt werden.

375. Draht und Spatel wurden nun mit dem Volta'schen Apparat verbunden (369), auch das Galvanometer in die Kette eingeschlossen und, nachdem der Apparat in ein stärkeres Gemenge, bestehend aus Salpetersäure und Wasser, so weit eingetaucht war, dass er eine bleibende Ablenkung von $5^1/_3$ Abtheilungen (372) gab, das vierfache feuchte Papier zwischen Draht und Spatel gebracht. Dadurch nun, dass das Ende des Drahtes von Ort zu Ort auf dem Reagenzpapier verschoben wurde, konnte die Wirkung eines fünf, sechs, sieben und mehrere Uhrschläge (369) lang anhaltenden Stromes beobachtet und mit der von der Maschine verglichen werden. Durch vielmalige wechselsweise Wiederholung dieser Vergleichungsversuche wurde beständig gefunden, dass dieser Normalstrom der Volta'schen Elektricität, acht Uhrschläge lang unterhalten, in seiner chemischen Wirkung gleich war dreissig Umdrehungen der Maschine, und sichtlich achtundzwanzig solcher Umdrehungen übertraf.

376. Hieraus folgt, dass der elektrische Strom der **[379]** normalen Volta'schen Batterie, wenn er acht Uhrschläge lang wirkte, sowohl in magnetischer Ablenkungskraft (371) als in chemischer Action gleich war dem von der Maschine durch dreissig Umdrehungen entwickelten.

377. Es folgt ferner, dass in diesem Falle von elektrochemischer Zersetzung, und wahrscheinlich in allen übrigen Fällen, die chemische wie die magnetische Kraft (366) direct proportional ist der absoluten Menge von durchgeleiteter Elektricität[7]).

378. Hieraus ergiebt sich, wenn sie noch nöthig sein sollte, eine fernere Bestätigung der Identität der gemeinen und Volta'schen Elektricität; auch erhellt, dass die Unterschiede von Intensität und Quantität völlig hinreichend sind, die vermeintlich abweichenden Eigenschaften beider zu erklären.

379. Die Erweiterung, welche ich durch die vorliegende Untersuchung im Stande bin von den die Theorie der elektrochemischen Zersetzung constituirenden Thatsachen und Ansichten zu machen, werde ich nebst einigen anderen Punkten der Elektricitätslehre unverweilt der K. Gesellschaft in einer anderen Reihe dieser Untersuchungen vorlegen[8]).

Royal Institution, 15. Dec. 1832.

[225] Vierte Reihe.

(Phil. Trans. 1833. S. 507. Pogg. Ann. Bd. XXXI.)

IX. Ueber ein neues Gesetz der Elektricitätsleitung.

380. Im Verfolg einer der Königl. Gesellschaft noch vorzulegenden Untersuchung über elektro-chemische Zersetzungen bin ich auf Wirkungen eines sehr allgemeinen und bisher unbeachteten Gesetzes der Elektricitätsleitung gestossen, welche mich zwar nicht zu den gesuchten Resultaten geführt, dafür aber hinreichend entschädigt haben durch das neue und wichtige Interesse, welches sie einem ausgedehnten Zweige der Elektricitätslehre verleihen.

381. Ich wandte Eis und sonstiges Gefrorenes an, theils als Querwände in der zu zersetzenden Substanz, theils als Poldrähte einer Volta'schen Batterie, in der Hoffnung, dadurch gewisse Elemente bei ihrem Uebergang verfolgen und auffangen zu können, sah mich aber plötzlich in meiner Untersuchung gehemmt, da ich fand, dass das Eis ein Nichtleiter der Elektricität war; denn sobald eine dünne Schicht von ihm in den Kreis einer sehr kräftigen Volta'schen Batterie eingeschaltet wurde, hatte die Durchleitung der Elektricität und jede Zersetzung ein Ende [9]).

[226] 382. Anfänglich, während des Frostwetters Ausgangs Januar 1833, wurden die Versuche mit gemeinem Eise angestellt; allein, da die Ergebnisse wegen Unvollkommenheit der Vorrichtungen trügerisch waren, wählte ich die folgende untadelhaftere Form des Experiments.

383. Ich liess Zinngefässe verfertigen, offen an einem Ende, fünf Zoll hoch, fünf Viertelzoll lang und drei bis fünf Achtelzoll breit. In diesen wurden mittelst Korkstücke Platinplatten befestigt, doch so, dass sie nicht die Zinngefässe berührten. Zuvor waren an die Platten Kupferdrähte gelöthet, die, wenn es erforderlich wurde, leicht mit einer Volta'schen Säule verbunden werden konnten. Dann wurde destillirtes Wasser, das zuvor drei Stunden lang gekocht hatte, in die Gefässe gegossen und durch ein Gemenge von Salz und Schnee zum Gefrieren gebracht, so dass zwischen dem Platin und Zinn reines, durchsichtiges und festes Eis befindlich war. Endlich setzte ich diese Metalle mit den Polen des Volta'schen Apparats in Verbindung und schloss zugleich ein Galvanometer mit in die Kette ein.

384. Beim ersten Versuch war der $3^1/_2$ Zoll lange und $^7/_8$ Zoll breite Platinpol ganz im Wasser oder Eise untergetaucht, und da das Gefäss $^4/_8$ Zoll in Breite enthielt, betrug die Dicke des die beiden Metalle trennenden Eises im Mittel $^1/_4$ Zoll und die Grösse seiner Berührungsfläche mit beiden Polen beinahe 14 Quadratzoll. Noch nach dem Gefrieren des Wassers wurde das Gefäss in der Kältemischung erhalten und der Contact des Zinns und des Platins vollzogen mit den Enden einer gut geladenen Volta'schen Batterie, bestehend aus zwanzig Paaren vierzölliger Platten (mit Doppelplatten von Kupfer). Nicht die geringste Ablenkung der Galvanometernadel stellte sich ein.

385. Das Gefäss wurde nun aus der Kältemischung genommen und am Boden gelinde erwärmt, ohne indess [**227**] die Verbindung mit der Batterie zu unterbrechen. Das Eis begann zu schmelzen, aber die Nadel bewegte sich nicht sogleich; erst als das Thauen so weit vorgerückt war, dass Theile von dem am Platinpol sitzenden Eise schmolzen, trat Leituug ein; dann aber war sie so stark, dass die Galvanometernadel bleibend fast 70° abgelenkt wurde.

386. Bei einem anderen Versuch war von einem 5 Zoll langen und $^7/_8$ Zoll breiten Platinspatel ein 4 Zoll langes Stück in dem Eise befestigt und letzteres zwischen den beiden Metallen nur $^3/_{16}$ Zoll dick. Dennoch isolirte diese Vorrichtung so vollkommen wie die frühere.

387. Es wurde nun etwas Wasser in das Gefäss auf das Eis gegossen; allein es trat keine Leitung ein, wiewohl offenbar flüssiges Wasser vorhanden war. Dies hatte seinen Grund darin, dass die kalten Metalle das mit ihnen in Berührung kommende Wasser zum Gefrieren brachten und dadurch den noch flüssigen Theil desselben isolirten; ein guter Beleg von der Nichtleitungsfähigkeit des Eises, indem er zeigt, wie dünn die Schicht zu sein braucht, um dem Strom der Batterie den Durchgang zu verwehren. Als auch Theile dieser dünnen Schicht an beiden Metallen schmolzen, trat Leitung ein.

388. Nach Erwärmung des Zinns und Fortnahme des Eisstücks fand sich, dass, weil einer der Korke nachgegeben hatte, das Platin mit einem seiner Ränder fast mit der inneren Oberfläche des Zinns in Berührung gekommen war; allein ungeachtet der ausserordentlichen Dünnheit des daselbst zwischen den Metallen befindlichen Eises ging keine merkliche Menge von Elektricität hindurch.

389. Diese Versuche wurden mehrmals mit gleichem Erfolge wiederholt. Zuletzt wurde eine Batterie von 15 Trögen oder 150 Paaren vierzölliger Platten stark geladen angewandt; allein auch dann ging keine merkliche Elektricitätsmenge durch die Eishülle.

[228] 390. Es schien anfänglich, als wenn zuweilen Ausnahmen von der Regel vorkämen; allein sie liessen sich immer auf störende Ursachen zurückführen. Das Wasser muss jedesmal gut gefroren sein, wiewohl es nicht nöthig ist, dass das Eis sich von Pol zu Pol erstrecke, vielmehr reicht eine Hülle von ihm um einen Pol schon hin, die Leitung aufzuheben. Wenn indess ein Theil des Wassers flüssig bleibt, ist die unvermeidliche Aussetzung des Apparats an die Luft oder die Annäherung der Hände schon hinlänglich, um an der oberen Fläche des Wassers und Eises eine flüssige Schicht hervorzurufen, die sich vom Platin bis zum Zinn erstreckt, und dann tritt Leitung ein. Wenn ferner Korkstücke zur Festhaltung des Platins angewandt werden und durch die Eintauchung in das Wasser inwendig feucht oder nass geworden sind, so ist es nützlich, eine solche Kälte anzuwenden, dass das in ihnen enthaltene Wasser mit gefriere, sonst läuft man Gefahr, dass ihre Berührungsfläche mit dem Zinn sich während der Handhabung erwärmt, wodurch dann dieser Theil leitend wird und, da das Innere schon zur Leitung bereit steht, der Strom hindurchgeht. Das Wasser muss rein sein, nicht nur um einfache Resultate zu erhalten, sondern auch um zu verhindern, dass nicht beim Gefrieren eine geringe Menge concentrirter Salzlösung entstehe, welche flüssig bleibt und, indem sie das Eis durchzieht oder in dessen durch Contraction gebildete Risse eindringt, ein dem Eise selbst nicht angehöriges Leitvermögen zeigen kann.

391. Einmal ward ich überrascht zu finden, dass, nachdem viel Eis aufgethaut worden, dennoch die Leitungsfähigkeit nicht wieder hergestellt war. Ich fand jedoch, dass das Korkstück, welches den Draht hielt, gerade dort, wo er mit dem Platin vereinigt war, so tief in das Eis eintauchte, dass es mit dem Eise selbst das Platin vor dem Contact mit dem Geschmolzenen schützte, längst noch als man diesen Contact hergestellt glaubte.

[229] 392. Die Isolation mittelst Eis ist jedoch für eine Elektricität von hoher Intensität nicht wirksam. Als ich ein divergirendes Goldblatt-Elektrometer mit dem am Platin

sitzenden Draht berührte, während der Zinnkasten mit der Hand oder mit einem anderen Draht berührt wurde, ward das Elektrometer sogleich entladen (419).

393. Wiewohl eine Elektricität von so schwacher Spannung, dass sie das Elektrometer nicht mehr zum Divergiren bringt, noch, wenn auch in sehr geringen Mengen (419), durch Eis gehen kann, so ist doch die Beziehung des Wassers und Eises zu der Elektricität des Volta'schen Apparats nicht weniger ausserordentlich an sich oder nicht weniger wichtig in ihren Folgen.

394. Da es nicht wahrscheinlich schien, dass die Leitungsfähigkeit im flüssigen Zustande und der Verlust derselben beim Gefrieren dem Wasser allein angehöre, so suchte ich sogleich diese Eigenschaft in anderen Fällen zu ermitteln und erkannte sie als eine sehr allgemeine. Zu diesem Zwecke wurden Körper gewählt, welche in gewöhnlicher Temperatur starr und in höherer schmelzbar waren und eine solche Zusammensetzung hatten, dass aus anderen, von der elektromagnetischen Action hergenommenen Gründen zu folgern stand, sie würden das Wasser ersetzen können. Als Elektricitätsquelle wurde eine Volta'sche Batterie von zwei Trögen oder zwanzig Paaren vierzölliger Platten (384) gebraucht und in deren Kreis ein Galvanometer eingeschaltet, um die Gegenwart oder Abwesenheit eines Stromes anzuzeigen.

395. Als ich ein wenig Chlorblei über einer Weingeistlampe auf einem Scherben einer Florentiner Flasche schmolz und in dasselbe zwei mit den Polen der Batterie verbundene Platindrähte steckte, trat augenblicklich eine mächtige Wirkung ein, das Galvanometer wurde auf's Stärkste ergriffen und das Chlorblei rasch zersetzt. Nach Fortnahme der Lampe erstarrte das Chlorid und [**230**] sogleich hörte der Strom mit seinen Wirkungen gänzlich auf, wiewohl die Platindrähte darin eingeschlossen blieben, nicht mehr als $^1/_{16}$ Zoll von einander entfernt. Bei abermaliger Erwärmung ging der elektrische Strom wieder über, sogleich, als die Schmelzung so weit vorgeschritten war, dass flüssige Masse die Pole verband.

396. Als das Chlorid bloss mit Einfügung eines Drahtes geschmolzen und darauf die Flüssigkeit mit dem anderen berührt wurde, bildete sich, weil dieser kalt war, an seinem Ende ein Knopf von erstarrter Substanz, und deshalb ging kein Strom über. Nur wenn dieser Draht so heiss war, dass er mit der flüssigen Masse in Berührung kommen konnte, trat Leitung ein, und zwar eine sehr kräftige.

397. Mit Chlorsilber und chlorsaurem Kali auf gleiche Weise verfahren, wurden dieselben Resultate erhalten.

398. Sobald in diesen Fällen der Strom überging, trat Zersetzung der Substanz ein; doch den elektrochemischen Theil dieser Untersuchung werde ich, von allgemeineren Gesichtspunkten aus, künftig in einem Aufsatz behandeln*).

399. Andere Substanzen, welche nicht auf Glas geschmolzen werden konnten, wurden vor dem Löthrohr auf Platin, welches mit einem Pol der Batterie verbunden war, verflüssigt und dann wurde ein mit dem anderen Pol verbundener Draht in dieselben getaucht. Auf diese Weise zeigten auch Chlornatrium, schwefelsaures Natron, [231] Bleioxyd, ein Gemenge von kohlens. Kali und Natron u. s. w. genau die bereits beschriebenen Erscheinungen. Flüssig, leiteten sie und wurden zersetzt; erstarrt, wenn auch noch heiss, isolirten sie den Strom der Batterie, selbst wenn vier Tröge angewandt wurden.

400. Zuweilen brachte ich die Substanzen in gebogene Röhren von grünem Glase und steckte, wenn sie flossen, die Platinpole von beiden Seiten hinein. (Siehe Fig. 6.) Auch in diesen Fällen wurden im Allgemeinen die bereits beschriebenen Resultate erhalten, doch war mit dieser Vorrichtung der Vortheil verknüpft, dass, während die Substanz leitete und zersetzt wurde, die endliche Anordnung der Elemente beobachtet werden konnte. So gab Jodkalium oder Jodblei am positiven Pol Jod und am negativen Kalium oder Blei. Chlorjod und Chlorsilber gaben Chlor am positiven und Jod oder Silber (metals) am negativen Pol. Salpeter und chlorsaures Kali gaben Sauerstoff u. s. w. am positiven, Kali und selbst Kalium am negativen.

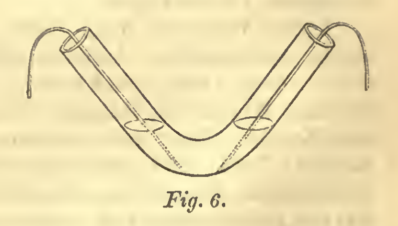


Fig. 6.

---

*) Schon 1801 wusste *H. Davy*, dass »trockener Salpeter, trockenes Aetzkali und Aetznatron zu Leitern des Galvanismus werden, wenn man sie durch starke Hitze flüssig mache« (Journal of the Royal Institution 1802, p. 53), nahm indess nicht das allgemeine Gesetz gewahr, mit dessen Entwicklung ich beschäftigt gewesen bin. Merkwürdig ist, dass er elf Jahre später sagen sollte: Es giebt, ausser den Wasser enthaltenden, keine Flüssigkeiten, welche fähig sind, das Verbindungsmittel zwischen dem Metall oder den Metallen des Volta'schen Apparats abzugeben. Elements of chemical philosophy, p. 169.

401. Für Substanzen, welche zu ihrem Schmelzen eine sehr hohe Temperatur erforderten, wurde folgende Einrichtung getroffen. Mit einem Pol der Batterie wurde ein Platindraht verbunden und sein Ende zu einem kleinen Ringe umgebogen, wie es *Berzelius* für Löthrohrversuche beschreibt. Dann wurde etwas Salz, Glas oder eine andere Substanz mittelst des gewöhnlichen Löthrohrs oder auch zuweilen mittelst des Knallgebläses auf diesem Ring geschmolzen, und wenn der in dem Ring enthaltene Tropfen durch und durch heiss und flüssig war, von dem anderen Pol her ein Platindraht mit ihm in Berührung gesetzt, worauf dann die Erscheinungen beobachtet wurden.

402. Die folgenden, in chemischer Hinsicht aus verschiedenen Klassen genommenen Substanzen zeigten sich diesem Gesetze unterthan. Die Liste liesse sich ohne Zweifel ausserordentlich erweitern; ich hatte indess nicht [**232**] Zeit, mehr zu thun, als das Gesetz durch eine hinreichende Zahl von Beispielen zu bestätigen.

Zuerst Wasser; dann unter den Oxyden: Kali, Bleioxyd, Antimonglas, Antimonoxydul, Wismuthoxyd; — von Chloriden: das von Kalium, Natrium, Barium, Strontium, Calcium, Magnesium, Mangan, Zink, Blei und Silber, das Chlorür von Kupfer, Zinn und Antimon; von Jodiden: das von Kalium, Zink, Blei und Quecksilber, nebst Zinnjodür; — Fluorkalium, Çyankalium, Schwefelcyankalium; — unter den Salzen: chlorsaures Kali, salpetersaures Kali, Natron, Baryt, Strontian, Blei-, Kupfer- und Silberoxyd, schwefelsaures Natron und Blei; schwefelsaures Quecksilberoxydul; phosphorsaures Kali, Natron, Blei- und Kupferoxyd; glasige Phosphorsäure oder saurer phosphorsaurer Kalk; kohlensaures Kali und Natron, einzeln und gemischt; Borax, borsaures Bleioxyd, borsaures Zinnoxyd; einfach und doppelt chromsaures Kali, chromsaures Bleioxyd, essigsaures Kali; — unter den Sulphureten: Schwefelantimon, Schwefelkalium, gewöhnliches und durch Wasserstoffgas aus schwefelsaurem Kali reducirtes; — kieselsaures Kali, mineralisches Chamäleon.

403. Höchst interessant ist es bei denjenigen dieser Substanzen, welche erweichen, bevor sie fliessen, zu beobachten, bei welchem Punkt sie das Leitvermögen erlangen und bis zu welchem Grade dasselbe durch eine vollkommene Liquidität erhöht wird. Erhitzt man z. B. borsaures Bleioxyd über der Lampe auf Glas, so wird es so weich als Syrup, allein es leitet

nicht; erst wenn man die Hitze mit dem Löthrohr verstärkt und es zu hellem Glühen bringt, wird es leitend. Wenn es vollkommen flüssig geworden ist, leitet es mit ungemeiner Leichtigkeit.

404. Ich will damit nicht leugnen, dass nicht ein Theil der gesteigerten Leitungsfähigkeit in diesen Fällen des Erweichens wahrscheinlich von der Temperaturerhöhung herrühre (432. 445); allein ich zweifle nicht, dass **[233]** bei weitem der grössere Theil von dem Einfluss des zuvor beschriebenen Gesetzes, welches in diesen Fällen allmählich, statt plötzlich, in Wirksamkeit tritt, herzuleiten sei.

405. Folgende Körper erlangen beim Flüssigwerden kein Leitvermögen:

Schwefel, Phosphor, Jodschwefel, Zinnjodid, Operment, Realgar, Eisessig, Gemenge von Margarin- und Oelsäure, künstlicher Kampher, Koffein, Zucker, Fettwachs, Stearin von Cacaoöl, Wallrath, Kampher, Naphthalin, Harz, Sandarakharz, Schellack.

406. Zinnchlorid, Arsenchlorür, Arsenchlorürhydrat besitzen, wiewohl sie flüssig sind, kein vom Galvanometer angebbares Leitvermögen, werden auch nicht zersetzt.

407. Einige der obigen Substanzen sind als Ausnahmen des allgemeinen Gesetzes recht merkwürdig; dahin gehören Operment, Realgar, Essigsäure, künstlicher Kampher, Zinnjodid, Zinnchlorid und Arsenchlorür. Ich werde Gelegenheit haben, in dem Aufsatz über elektro-chemische Zersetzung auf diese Fälle zurückzukommen.

408. Borsäure wurde durch die Flamme eines Knallgebläses (401) einer möglichst hohen Temperatur ausgesetzt, allein dennoch wurde sie weder so leitend, dass das Galvanometer sich bewegte, noch erlitt sie eine sichtbare Volta'sche Zersetzung. Sie schien ein völlig so schlechter Leiter zu sein als die Luft. Grünes Bouteillenglas, auf gleiche Weise erhitzt, erlangte kein für das Galvanometer merkliches Leitvermögen. Flintglas, sehr erhitzt, leitete ein wenig und zersetzte sich, beides in stärkerem Grade, sowie die Menge des Kalis oder Bleioxyds in diesem Glase vergrössert wurde. Diejenigen Gläser, welche einerseits aus Borsäure und andererseits aus Bleioxyd oder Kali bestehen, zeigen beim Flüssigwerden die Leitungsfähigkeit und die damit verknüpfte Zersetzung sehr gut.

409. Ich war begierig, den Hauptversuch auch anzustellen **[234]** mit Schwefelsäure von etwa 1,783 specif. Gewicht, welche

diejenige Menge Wasser enthält, mittelst der sie bei 40° F. krystallisirt; allein ich fand es unmöglich, sie so zu erhalten, dass ich sicher sein konnte, das Ganze selbst bei 0° F. zum Erstarren zu bringen. Ein Zehntausendstel Wasser mehr oder weniger als nöthig würde beim Erkalten des Ganzen Veranlassung sein, dass eine Portion ungestehbarer Flüssigkeit sich absonderte, in den Zwischenräumen der starren Masse eingeschlossen bliebe und die Theilungsebenen befeuchtete, wodurch dann die richtige Beobachtung der von der Erstarrung und späteren Flüssigwerdung bedingten Erscheinungen verhindert sein würde.

410. Diejenigen Substanzen, welche im flüssigen Zustande leitend werden, werden es im Allgemeinen in sehr hohem Grade. Unter ihnen allen ist beim Wasser die so erlangte Leitungsfähigkeit am schwächsten; bei den verschiedenen Oxyden, Chloriden, Salzen u. s. w. ist sie viel stärker; ich habe nicht Musse gehabt, die Leitungsfähigkeit bei letzteren Substanzen zu messen, doch ist sie sichtlich mehrere hundert Male grösser als beim Wasser. Die erhöhte Leitungsfähigkeit, welche dem Wasser durch Zusatz von Salzen gegeben wird, scheint in beträchtlichem Grade herzurühren von dem hohen Leitvermögen dieser Substanzen im flüssigen Zustande, welchen Zustand sie hier nicht durch Hitze, sondern durch Lösung im Wasser erhalten haben.

411. Ob die Leitungsfähigkeit dieser flüssigen Körper eine Folge ihrer Zersetzbarkeit sei oder nicht (413), ob Leitung und Zersetzung nothwendig zusammen verknüpft seien oder nicht, ist für die wahrscheinliche Richtigkeit der vorhergehenden Angabe gleichgültig.

412. Diese allgemeine Annahme von Leitungsfähigkeit, sobald die Körper aus dem starren in den flüssigen Zustand übergehen, bietet einen neuen und ausserordentlichen Charakter dar, dessen Dasein man, so viel [**235**] ich weiss, früher nicht vermuthet hat; er scheint innig verknüpft zu sein mit einigen Eigenschaften und Beziehungen der Körpertheilchen, welche ich nun kürzlich andeuten will.

413. Wie schon erwähnt, waren in fast allen Fällen, wo dieses Gesetz regierte, die untersuchten Substanzen nicht bloss zusammengesetzt, sondern aus solchen Elementen zusammengesetzt, die sich bekanntermaassen zu den entgegengesetzten Polen begeben; sie konnten also durch den elektrischen Strom zersetzt werden. Sobald Leitung stattfand, trat auch Zer-

setzung ein, und wenn die Zersetzung aufhörte, endete auch die Leitung. Wichtig wurde daher die Frage: Ob nicht die Leitung überall, wo das Gesetz besteht, eine Folge sei nicht bloss der Zersetzbarkeit, sondern der wirklichen Zersetzung. Und hieran reiht sich die andere Frage: Ob nicht die Erstarrung bloss dadurch die Leitung vernichtet, dass sie die Theilchen, unter dem Einfluss der Aggregation, an ihrem Orte fesselt, und so die endliche Trennung derselben in der für die Zersetzung erforderlichen Weise verhindert[10]).

414. Andererseits giebt es eine Substanz (und es mag deren noch mehrere geben), das Quecksilberjodid, welches sich unter gleichen Umständen wie die übrigen (400) im starren Zustand als isolirend und im flüssigen als leitend erweist, ohne, wie es scheint, im letzteren eine Zersetzung zu erleiden.

415. Wiederum giebt es Substanzen, welche nicht leiten, und doch Elemente enthalten, von denen man glauben sollte, sie würden sich zu den entgegengesetzten Polen begeben, und deshalb zu einer Zersetzung geeignet sein. Zu diesen gehören Jodschwefel, Zinkjodid, Zinnchlorid, Arsenchlorür, Arsenchlorürhydrat, Essigsäure, Operment, Realgar, künstlicher Kampher u. s. w., und von diesen könnte man vielleicht annehmen, dass die Zersetzung vom Leitvermögen abhänge und nicht dieses von jener. Die wahre Beziehung zwischen Leitung und [**236**] Zersetzung bei Körpern, die unter dem allgemeinen Gesetz stehen, dessen Feststellung der Gegenstand dieses Aufsatzes ist, kann erst nach einer viel weiter ausgedehnten Reihe von Beobachtungen, als ich jetzt zu liefern im Stande bin, genügend ausgemittelt werden.

416. Die Beziehung, welche unter diesem Gesetz zwischen der Elektricitätsleitung und Wärmeleitung besteht, ist sehr merkwürdig und scheint eine natürliche Abhängigkeit zwischen beiden einzuschliessen. So wie die starre Substanz flüssig wird, verliert sie fast ganz das Vermögen der Wärmeleitung, gewinnt aber im hohen Grade das der Elektricitätsleitung; so wie sie aber in den starren Zustand zurückkehrt, bekommt sie die Fähigkeit der Wärmeleitung wieder und verliert die der Elektricitätsleitung. Wenn also diese Eigenschaften auch nicht unvereinbar sind, stehen sie doch in starkem Gegensatz, da die eine abnimmt, während die andere zunimmt. Wir wollen hoffen, dass wir vielleicht späterhin den physischen Grund dieser sehr ungewöhnlichen Beziehung zwischen den beiden Leitungsfähigkeiten erkennen, Fähigkeiten, welche direct mit der

Corpuscular-Beschaffenheit der betreffenden Substanzen verknüpft zu sein scheinen.

417. Die Erlangung der Leitungsfähigkeit und Zersetzbarkeit bei dem Flüssigwerden verspricht neue Bedingungen zu sehr leichten Zersetzungen mittelst der Volta'schen Säule. So können Körper wie Oxyde, Chloride, Cyanide, Sulfocyanide, Fluoride, gewisse glasige Mischungen u. s. w. unter neuen Umständen der Volta'schen Batterie ausgesetzt werden; und in der That ist es mir schon gelungen, mittelst einer Säule von zehn Plattenpaaren, Kochsalz, Chlormagnesium, Borax u. s. w. zu zersetzen und Natrium, Magnesium, Bor u. s. w. im isolirten Zustande zu erhalten.

[**237**] X. Vom Leitvermögen überhaupt.

418. Es ist hier nicht meine Absicht, in eine Prüfung aller der mit dem Leitvermögen verknüpften Umstände einzugehen, sondern bloss gewisse Thatsachen und Beobachtungen anzuführen, welche aus neueren Untersuchungen als Zusätze zu dem Stamm unserer Kenntnisse in diesem Zweige der Elektricitätslehre entsprungen sind.

419. Ich war zunächst begierig, mir eine Idee vom Leitungsvermögen des Eises und starrer Salze für eine Elektricität von hoher Spannung (392) zu verschaffen, damit zwischen diesem Vermögen und dem, welches sich bei der Flüssigwerdung einstellt, ein Vergleich gemacht werden könne. Zu dem Ende wurde die grosse Elektrisirmaschine (290) in Thätigkeit gesetzt, ihr Conductor sowohl mit einem empfindlichen Goldblatt-Elektrometer als auch mit dem in Eis eingeschlossenen Platin verbunden, während der Zinnkasten mit der Ableitung (292) verbunden war. Bei mässigem Drehen der Maschine öffneten sich sichtlich die Goldblättchen, und als schnell gedreht wurde, gingen sie fast 2 Zoll auseinander. Der Zinnkasten war hierbei $^5/_8$ Zoll breit, und da sich nach dem Versuche zeigte, dass das Platin sehr nahe in der Mitte des Eises befindlich war, so betrug die Dicke des letzteren im Mittel $^5/_{16}$ Zoll und die Grösse seiner Berührungsfläche mit Zinn und Platin 14 Quadratzoll (384). Dennoch war es unter diesen Umständen nur eben im Stande, die geringe Menge Elektricität zu leiten, welche diese Maschine zu liefern vermochte (371), selbst wenn sie eine solche Spannung hatte, dass sie die Goldblättchen um 2 Zoll auseinander trieb; kein Wunder also, dass sie von der Elektri-

cität der Tröge (384) nur ein Unbeträchtliches leiten konnte, da diese, wenn sie auch die der Maschine an Menge unendlich übertraf, doch eine so niedrige Spannung besass, dass sie am Elektrometer kaum merklich war.

420. Bei einem anderen Versuche war der Zinnkasten [238] nur 4/8 Zoll breit und das Platin in dem Eise, wie sich späterhin fand, nicht ganz 1/8 Zoll entfernt von einer Seite des Zinngefässes. Als dieses in die Bahn der Maschinenelektricität (419) eingeschaltet wurde, konnten die Goldblättchen nicht mehr als um einen halben Zoll geöffnet werden. Die Dünnheit des Eises begünstigte also die Elektricitätsleitung und liess dieselbe Quantität, obwohl von geringerer Spannung, in derselben Zeit hindurchgehen.

421. Nun wurde geschmolzenes Jodkalium in die Bahn der Maschinenelektricität gebracht. Es wurden zwei 1/4 Zoll dicke und etwa 1/2 Quadratzoll auf jeder Seite haltende Stücke angewandt, auf Platinplatten gelegt, von denen eine mit der Maschine und dem Elektrometer (419), die andere mit der Ableitung verbunden war, und nun die beiden Stücke durch einen feinen, in zwei Punkten auf ihnen ruhenden Platindraht verbunden. Durch Drehen der Maschine war es möglich, die Goldblättchen um 2/3 Zoll zu öffnen.

422. Da das Salz nur in zwei Punkten von dem Platindraht berührt wurde, so geht daraus hervor, dass es ein besserer Leiter ist als das Eis. Da aber die Goldblättchen doch geöffnet wurden, so ist eben so einleuchtend, welche Schwierigkeit die Leitung selbst der geringen, von der Maschine gelieferten Menge von Elektricität durch diesen Körper im starren Zustande erfährt, im Vergleich zu den ungeheuren Quantitäten von schwacher Spannung, welche er im flüssigen Zustande hindurchlässt.

423. Um diese Resultate mit anderen, durch die Volta'sche Batterie gelieferten zu vergleichen, wurde eine solche von 150 vierquadratzölligen Platten stark geladen. Ihre Wirkung war gut, der Schlag aus ihr stark; die Entladung ging von Kupfer zu Kupfer durch eine 4/10 Zoll dicke Luftschicht und das zuvor angewandte Goldblatt-Elektrometer konnte beinahe um 1/4 Zoll geöffnet werden.

424. Das angewandte Eisgefäss (420) war 1/2 Zoll [239] breit. Die Berührungsfläche des Eises mit dem Zinn und Platin betrug nahe 14 Quadratzoll und entsprach einer Eisplatte von 7 Quadratzoll vollkommener Berührung auf jeder Seite und nur

von $^1/_4$ Zoll Dicke. Das Gefäss wurde während des Versuchs in einer Kältemischung gehalten.

425. Die Anordnung in der Bahn des elektrischen Stromes war folgende. Der positive Pol der Batterie war durch einen Draht verbunden mit der Platinplatte in dem Eise; diese Platte stand in Berührung mit dem Eise; das Eis mit der Zinnhülle, diese Hülle durch einen Draht mit einem Stück Zinnfolie, auf welchem das eine Ende eines gebogenen Drahtes (312) ruhte, dessen anderes oder zersetzendes Ende vom einem mit Jodkalium-Lösung befeuchteten Papiere getragen ward (316); das Papier lag flach auf einem Platinspatel, der mit dem negativen Pol der Batterie verbunden war. Alle Theile dieser Vorrichtung zwischen dem Eisgefäss und der zersetzenden Drahtspitze, beide mit eingeschlossen, waren isolirt, damit keine Elektricität durch die letztere gehen möchte, welche nicht auch das erste durchdrungen hätte.

426. Unter diesen Umständen fand sich, dass unter der zersetzenden Platinspitze langsam ein blassbrauner Fleck entstand, zum Beweise, dass das Eis ein wenig von der durch die Volta'sche Batterie bis zu dem vom Elektrometer angezeigten Grad entwickelten Elektricität fortzuleiten vermochte. Es ist aber ganz einleuchtend, dass die Batterie, ungeachtet der von ihr gelieferten ungeheueren Elektricitätsmenge, unter den gegenwärtigen Umständen der Elektrisirmaschine weit nachstand; denn die letztere sandte so viel Elektricität durch das Eis, als dies leiten konnte, und die Elektricität besass eine weit grössere Intensität, d. h. war im Stande, die Goldblättchen um einen halben Zoll und mehr zu öffnen (419. 420).

427. Der zersetzende Draht und die Jodkalium-Lösung wurden nun fortgenommen und durch ein sehr empfindliches Galvanometer (205) ersetzt; dieses war so [**240**] astatisch, dass es in etwa 63 Uhrschlägen, von denen 150 eine Minute ausmachten, erst einmal hin und her schwang. Es zeigte sich dieselbe Schwäche des Stromes wie zuvor; die Galvanometernadel ward abgelenkt, allein der Contact musste drei oder vier Mal unterbrochen und wieder hergestellt werden (297), ehe die Wirkung entscheidend hervortrat.

428. Nun entfernte ich das Galvanometer, verband die beiden Platinplatten mit den Enden der Drähte und brachte die Zunge zwischen dieselben, so dass die ganze Ladung der Batterie, so weit das Eis sie durchliess, durch die Zunge gehen musste. So lange ich auf dem steinernen Fussboden

stand, fühlte ich einen Schlag u. s. w., als ich mich aber isolirte, hatte ich keine Empfindung mehr. Ein Frosch würde, glaube ich, schwerlich, vielleicht gar nicht ergriffen worden sein.

429. Jetzt wurde das Eis entfernt und der Versuch mit anderen starren Körpern angestellt, die zu dem Ende, statt der Jodkalium-Lösung, unter das Ende des zersetzenden Drahtes gebracht wurden. Es wurde z. B. auf den mit dem negativen Pol der Batterie verbundenen Platinspatel ein Stück trockenen Jodkaliums gelegt und auf dasselbe die Spitze des zersetzenden Drahtes gesetzt, der mit dem positiven Pol der Batterie in Verbindung stand. Sehr langsam entstand ein brauner Jodfleck, zum Beweise, dass etwas Elektricität überging, übereinstimmend in dieser Hinsicht mit den bei Anwendung der Elektrisirmaschine (421) erhaltenen Resultaten. Als gleichzeitig mit dem Jodid das Galvanometer eingeschaltet wurde, konnte die Wirkung des Stromes nur schwierig an ihm sichtbar gemacht werden.

430. Ein Stück geschmolzen gewesenen Kochsalzes, in den Kreis gebracht, war hinlänglich, die Wirkung des Galvanometers fast gänzlich zu zerstören. Geschmolzen gewesenes Chlorblei verhielt sich ebenso. Die Leitungsfähigkeit beider Körper im flüssigen Zustande ist sehr gross (395. 402).

[**241**] 431. Alle diese mit der Elektrisirmaschine wie mit der Volta'schen Batterie erhaltenen Wirkungen stimmen unter sich und mit dem in diesem Aufsatz niedergelegten Gesetz überein, so wie auch mit der im dritten Theile dieser Untersuchungen aufgestellten Ansicht, dass die Elektricitäten verschiedener Abkunft einerlei seien.

432. Die Steigerung der Leitungsfähigkeit mancher Substanzen, besonders für Elektricität von hoher Spannung, durch die Wärme ist wohl bekannt. Kürzlich ist mir ein ausserordentlicher Fall dieser Art für Elektricität von schwacher Spannung oder die der Volta'schen Säule vorgekommen, welcher im directen Widerspruch steht mit dem Einfluss der Wärme auf metallische Körper, wie er von *Humphry Davy* beschrieben worden ist*).

433. Die Substanz, welche diese Erscheinung zeigt, ist das Schwefelsilber. Es war bereitet durch Zusammenschmelzen eines Gemenges von gefälltem Silber und sublimirtem Schwefel,

*) Philosoph. Transact. f. 1821, p. 431.

Abfeilen des Silbers von der Aussenseite der erstarrten Masse, durch Pulvern, Zumischen von mehr Schwefel, und abermaliges Schmelzen in einer grünen Glasröhre, unter Abhaltung der äusseren Luft. Nachdem von dem Schwefelsilber wiederum das Aeussere abgefeilt worden, wurde es als frei von ungebundenem Silber betrachtet.

434. Als ein $^1/_2$ Zoll dickes Stück dieses Schwefelsilbers zwischen die mit den Polen einer Volta'schen Batterie von 20 Paaren vierzölliger Platten verbundenen Platinspatel gebracht und ein Galvanometer mit in den Kreis eingeschaltet wurde, wich die Nadel ein wenig ab, als Anzeige einer schwachen Leitung. Als ich die Platinpole und das Schwefelsilber zusammenpresste, steigerte sich die Leitungsfähigkeit, so wie das Ganze warm wurde. Als [242] ich unter das zwischen den Polen befindliche Schwefelsilber eine Lampe stellte, nahm die Leitung rasch mit der Hitze zu, und zuletzt sprang die Nadel in eine feste Stellung über, indem das Schwefelsilber wie ein Metall leitete. Als nach Entfernung der Lampe die Wärme abnahm, kehrten sich die Erscheinungen um; die Nadel fing erst ein wenig zu vibriren an, verliess dann allmählich ihre Querrichtung und nahm zuletzt sehr nahe die Stellung ein, welche sie ohne den Durchgang eines Stromes durch den Galvanometerdraht eingenommen haben würde.

435. Zuweilen, wenn der Contact des Schwefelsilbers mit den Platinpolen gut, die Batterie frisch geladen und die Temperatur anfangs nicht zu niedrig war, reichte der elektrische Strom der Batterie für sich hin, das Schwefelsilber in seiner Temperatur zu erhöhen, und dann nahm dieses, ohne Anwendung äusserer Wärme, gleichzeitig auch an Leitungsfähigkeit zu, bis der erkältende Einfluss der Luft die Wirkungen beschränkte. In solchen Fällen war es meistens nöthig, das Ganze vorsätzlich abzukühlen, um die umgekehrte Reihe von Erscheinungen zu erhalten.

436. Zuweilen nahmen auch die Wirkungen von selbst ab und waren nicht eher zu erneuen, als bis das Schwefelsilber mit einer frischen Fläche auf den positiven Pol gelegt worden war. Dies war die Folge besonderer Resultate einer Zersetzung, auf welche ich in der Abtheilung über elektrochemische Zersetzung zurückkommen werde, und welche dadurch vermieden wurde, dass ich die Enden zweier Platindrähte in die entgegengesetzten Enden einer in einem Glasrohre geschmolzenen Portion Schwefelsilber steckte und

dann diese Vorrichtung zwischen die Pole der Batterie brachte.

437. Das heisse Schwefelsilber leitete stark genug, um, wie ein Metall, helle Funken mit Kohle u. s. w. zu geben.

438. Das natürliche Schwefelsilber und das Rothgültigerz zeigen dieselben Erscheinungen. Das natürliche [243] geschmeidige Schwefelsilber bietet genau dieselben Erscheinungen dar wie das künstliche.

439. Es giebt meines Wissens ausser Schwefelsilber keinen anderen Körper, welcher, so lange er heiss ist, hinsichtlich seiner Leitungsfähigkeit für Elektricität von niederer Spannung mit den Metallen verglichen werden kann, und, ganz unähnlich ihnen, diese Fähigkeit beim Erkalten verliert, während sie bei den Metallen im Gegentheil zunimmt. Wahrscheinlich würde man jedoch noch mehrere dergleichen finden, wenn man darnach suchte.

440. Magnetkies, Schwefelkies, Arsenikkies, Kupferkies, graues künstliches Schwefelkupfer, künstliches Schwefelwismuth, künstliches Schwefelzinn leiten sämmtlich in der Kälte mehr oder weniger den Volta'schen Strom; einige geben, gleich den Metallen, Funken, andere eignen sich nicht zu dieser starken Wirkung. Sie scheinen in der Wärme nicht besser zu leiten als zuvor; allein ich hatte nicht Zeit genug, diesen Punkt näher zu erforschen. Fast alle erhitzten sich bei der Durchleitung des Stromes und einige zeigten in dieser Hinsicht sehr interessante Erscheinungen. Das Schwefelantimon ist weder heiss noch kalt merklich leitend, gehört aber zu den Substanzen, die geschmolzen leitend werden (402); das Schwefelsilber, und vielleicht noch mancher andere Körper, wird im starren Zustande zersetzt; allein die Erscheinungen dieser Zersetzung werde ich für die nächste Reihe dieser Untersuchungen versparen.

441. Ungeachtet der ausserordentlichen Unähnlichkeit des Schwefelsilbers mit den Gasen und Dämpfen kann ich nicht umhin, die Wirkung der Wärme als gleich auf beide zu betrachten, da sie dadurch alle in die Klasse der Elektricitätsleiter versetzt werden, jedoch mit den grossen Unterschieden in der Stärke, welche unter den gewöhnlichen Umständen gefunden werden. Wenn Gase erhitzt werden, so gewinnen sie an Leitungsfähigkeit sowohl für gemeine als für Volta'sche Elektricität (271), [244] und wahrscheinlich würde ihr Leitvermögen noch mehr erhöht werden, wenn man sie zu gleicher Zeit

zusammendrückte und verdichtete. *Cagniard de la Tour* hat gezeigt, dass eine Substanz, nämlich Wasser, im flüssigen Zustande so durch Hitze ausgedehnt, oder im dampfförmigen Zustande so verdichtet werden kann, dass die beiden Zustände an einem Punkt zusammenfallen und der Uebergang von dem einen zu dem anderen so allmählich geschieht, dass sich keine Grenzlinie feststellen lässt*), dass in der That die beiden Zustände in einen einzigen zusammenfliessen, welcher Zustand sich uns mit graduellen Unterschieden, in Bezug auf gewisse Eigenschaften und Beziehungen, zu verschiedenen Zeiten darbietet, und welche Unterschiede unter den gewöhnlichen Umständen so gross sind, dass sie zwei verschiedenen Zuständen gleichkommen.

442. Für jetzt kann ich nur vermuthen, dass an dem Punkt, wo der flüssige und gasige Zustand zusammenfallen, die Leitungsfähigkeiten in beiden gleich sind, dass sie aber schwächer werden, so wie, durch Entfernung des nöthigen Drucks, die Ausdehnung der Materie in eine lockere Form eintritt; doch wird sich die geringe Leitungsfähigkeit, welche dann noch zurückgeblieben ist, durch Erhitzung wahrscheinlich verstärken lassen.

443. Ich wage es, über die Umstände der Elektricitätsleitung in Körpern folgende Sätze aufzustellen, doch nicht ohne Besorgniss, einige wichtige Punkte überschlagen zu haben.

444. Alle Körper, von den Metallen ab bis zu dem Lack und den Gasen, leiten Elektricität in gleicher Weise, allein in verschiedenen Graden.

445. Die Leitungsfähigkeit wird durch Hitze in einigen Körpern erhöht, in anderen geschwächt, ohne dass jedoch dabei ein wesentlicher elektrischer Unterschied [**245**] in den Körpern oder in den von der geleiteten Elektricität veranlassten Veränderungen wahrzunehmen ist.

446. Elektricität von schwacher Spannung wird von einer zahlreichen Klasse von Körpern im starren Zustande isolirt, im flüssigen geleitet, und dann werden diese Körper dadurch zersetzt.

447. Es giebt aber auch viele flüssige Körper, welche eine Elektricität von dieser niederen Spannung nicht leiten;

---

*) Annal. de chim. XXI p. 127. 178.

einige leiten sie und werden nicht zersetzt; auch ist das Flüssigsein nicht wesentlich nöthig zur Zersetzung*).

448. Bis jetzt ist nur ein Körper**) entdeckt, welcher, starr, den Volta'schen Strom isolirt, flüssig, denselben aber leitet, und dabei nicht zersetzt wird (414).

449. Zwischen den als einfach angesehenen und den als zusammengesetzt bekannten Körpern lässt sich bis jetzt hinsichtlich der Elektricitätsleitung kein scharfer Unterschied feststellen.

Royal Institution, April 15, 1833.

---

*) Siehe die nächste Reihe dieser Experimental-Untersuchungen.

**) Möglich ist, dass dieser Fall bei feineren Versuchen künftig verschwindet.

[401]

Fünfte Reihe.

(Phil. Trans. 1833. S. 675. Pogg. Ann. Bd. XXXII.)

XI. Von der elektro-chemischen Zersetzung.]

450. In einer neueren Reihe dieser Untersuchungen (265) bewies ich, wenigstens nach meiner Ueberzeugung, dass die Elektricitäten von verschiedener Abkunft einerlei sind, und besonders verweilte ich bei den Beweisen für die Einerleiheit derjenigen, welche mit der gemeinen Elektrisirmaschine und der Volta'schen Batterie erhalten werden.

451. Die grosse Verschiedenheit der aus diesen beiden Quellen abstammenden Elektricitäten entspringt einerseits aus der sehr hohen Spannung, zu welcher die geringe Quantität der mit der Maschine erhaltenen erhoben werden kann, und andererseits aus der ungeheneren Quantität (371. 376), in welcher sich die verhältnissmässig geringe Spannung besitzende der Volta'schen Batterie erhalten lässt; da aber beide Elektricitäten in ihren magnetischen, chemischen und übrigen Eigenschaften wesentlich einerlei sind (360), so schien es einleuchtend, dass man von der ersteren auf die Wirkungsweise der letzteren schliessen könne, und ich hielt die Folgerung für wahrscheinlich, dass eine Elektricität von solcher Spannung, wie sie uns die Maschine liefert, wenn man sie zur Hervorbringung und Erläuterung elektro-chemischer Zersetzungen [402] anwendete, uns neue Umstände bei diesen Vorgängen zeigen, neue Ansichten über die inneren Anordnungen und Veränderungen der in Zersetzung begriffenen Substanzen hervorrufen und vielleicht wirksame Kräfte über bis jetzt noch nicht zersetzte Stoffe liefern würde.

452. Um die Gegenstände der verschiedenen Theile dieser Untersuchung besser zu unterscheiden, will ich dieselbe in mehrere Abschnitte theilen.

1. Neue Umstände, unter denen eine elektro-chemische Zersetzung auftritt.

453. Vermöge ihrer Spannung geht die Maschinen-Elektricität, wie gering auch ihre Quantität sei, durch jede Strecke von Wasser, Lösungen oder anderen als Leiter diesen beizuzählenden Substanzen, so schnell als sie entwickelt werden

kann, und folglich, in Bezug auf Quantität, so schnell als sie weit kürzere Strecken derselben leitenden Substanz durchlaufen haben würde. Mit der Volta'schen Batterie verhält es sich aber ganz anders, denn der von ihr erregte Elektricitätsstrom erleidet, wenn er eine beträchtliche Strecke irgend einer Substanz, besonders einer der oben genannten Art durchläuft, bedeutende Schwächungen.

454. Ich habe mich bemüht, diese Leichtigkeit, mit welcher der elektrische Strom einen Leiter von beliebiger Länge durchläuft, anzuwenden auf eine Untersuchung über die Fortführung der Elemente eines zersetzt werdenden Körpers in entgegengesetzter Richtung zu den Polen hin. Die allgemeine Einrichtung des zu diesen Versuchen benutzten Apparats (312. 316) habe ich bereits beschrieben, auch einen besonderen Versuch (319), bei welchem, während ein Stück Lackmuspapier und ein damit verbundenes Stück Curcumäpapier mit einer Glaubersalzlösung benässt waren, die Spitze des mit der Maschine verbundenen Drahtes (als positiver Pol) auf dem Lackmuspapier und die Auffangspitze der Ableitung (292. 316), [**403**] als negativer Pol, auf dem Curcumäpapier stand, einige sehr wenige Umdrehungen der Maschine hinreichend waren, das Freiwerden der Säure an der ersten Spitze und die des Alkalis an der letzteren zu zeigen, genau in der Weise, wie es durch einen Volta-elektrischen Strom geschieht.

455. Die Stücke Lackmus- und Curcumäpapier wurden nun, jedes für sich, auf eine besondere Glastafel gelegt und durch eine isolirte, 4 Fuss lange und mit derselben Glaubersalzlösung angefeuchtete Schnur verbunden, auch die Spitzen der zersetzenden Drähte wie zuvor auf die Papiere gesetzt. Bei Umdrehung der Maschine kamen Säure und Alkali wie vorhin zum Vorschein, und zwar mit gleicher Leichtigkeit, ungeachtet die Orte ihres Auftretens 4 Fuss aus einander lagen. Zuletzt wurde eine 70 Fuss lange Schnur angewandt. Sie wurde in der Luft durch Seidenfäden isolirt aufgehängt, so dass die Elektricität sie ihrer ganzen Länge nach durchlaufen musste; dennoch fand die Zersetzung genau wie in den vorhergehenden Fällen statt und Alkali und Säure erschienen an beiden Enden an den gehörigen Stellen.

456. Jetzt wurden Versuche mit schwefelsaurem Natron so wie mit Jodkalium gemacht, um auszumitteln, ob durch eine so grosse Länge des feuchten Leiters oder zersetzt werdenden Körpers eine Verringerung der zersetzenden Kraft

hervorgebracht werde. Allein es mochte die mit der Ableitung verbundene Zersetzungsspitze mit einem den ersten Conductor berührenden Stück Curcumäpapier, oder mit einem anderen, durch eine 70 Fuss lange Schnur mit diesem Conductor verbundenen Stück Curcumäpapier in Contact gesetzt werden, so war doch in beiden Fällen nach einer gleichen Anzahl Umdrehungen der Maschine der vom Alkali erzeugte Fleck von gleich intensiver Farbe. Dieselben Resultate ergaben sich am anderen Zersetzungsdraht, es mochte das Salz oder das Jodid angewandt werden; mithin war es vollkommen [**404**] bewiesen, dass die grosse Entfernung zwischen den Polen durchaus keinen Einfluss auf den Betrag der Zersetzung ausübte, vorausgesetzt, dass in beiden Fällen die nämliche Quantität von Elektricität durchgeleitet ward (377).

457. Hierauf wurden die negative Spitze der Ableitung, das Curcumäpapier und die Schnur fortgenommen, die positive Spitze auf dem Lackmuspapier stehen gelassen und das letztere mit einem in der Hand gehaltenen Stück einer feuchten Schnur berührt. Wenige Umdrehungen der Maschine entwickelten Säure an der positiven Spitze so frei wie zuvor.

458. Das Ende der feuchten Schnur wurde, statt mit der Hand gehalten zu werden, in der Luft an Glas befestigt. Bei Umdrehung der Maschine ging die Elektricität aus dem Conductor durch die Drahtspitze zu dem Lackmuspapier und darauf durch Vermittelung der Schnur in die Luft, so dass (wie beim letzten Versuch) nur ein Metallpol vorhanden war. Dennoch wurde Säure entwickelt, so frei wie zuvor.

459. Als diese Versuche mit der Elektricität aus dem negativen Conductor wiederholt wurden, traten entsprechende Wirkungen auf, gleichviel ob man einen oder zwei Drähte gebrauchte. Die Resultate waren immer constant, wenn man sie in Bezug auf die Richtung des elektrischen Stromes betrachtete.

460. Diese Versuche wurden dahin abgeändert, dass sie nur die Wirkung an einem einzigen Metallpole aufwiesen, dieser Pol aber nicht mit der Maschine in Verbindung stand. Curcumäpapier, befeuchtet mit Glaubersalzlösung, wurde auf eine Glasplatte gelegt und durch einen Zersetzungsdraht (312) mit der Ableitung (292) verbunden; dann ward ein Stück feuchter Schnur daran gehängt und das untere Ende dieser gegenüber einer mit dem positiven ersten Conductor der Maschine verbundenen Spitze gehalten. Als jetzt die Maschine wenige

Male [405] umgedreht wurde, erschien sogleich Alkali an der auf dem Curcumäpapier ruhenden Spitze der Ableitung. Entsprechende Wirkungen kamen am negativen Conductor der Maschine zum Vorschein.

461. Diese Fälle sind mehr als hinreichend, zu zeigen, dass die elektro-chemische Zersetzung nicht von der gleichzeitigen Wirkung zweier Metallpole abhängt, da schon bei Anwendung eines einzigen Pols die Zersetzung erfolgt und eins oder das andere frei gewordene Element zu dem Pole

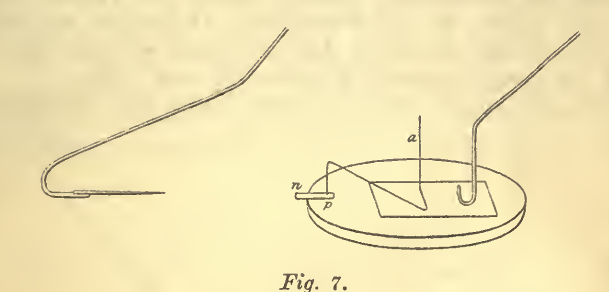


Fig. 7.

geht, je nachdem dieser positiv oder negativ ist. Als ich über den Gang und die endliche Stellung des anderen Elements nachdachte, zweifelte ich kaum, zu finden, dass dasselbe nach dem anderen Ende hin gewichen sei und die Luft selbst als ein Pol gewirkt habe, eine Vermuthung, welche sich auf folgende Weise vollständig bewährte.



Fig. 8.

462. Ein Stück Curcumäpapier, nicht mehr als 0,4 Zoll lang und 0,05 Zoll breit, wurde mit einer Glaubersalzlösung befeuchtet und auf den Rand einer Glasplatte gelegt, etwa 2 Zoll von der mit der Ableitung verbundenen Spitze entfernt und ihr gegenüber (Fig. 7) ein auf dieselbe Glasplatte gelegtes Stück Zinnfolie mit der Maschine verbunden, und durch den Zersetzungsdraht *a* (312) auch mit dem Curcumäpapier. Als nun die Maschine gedreht wurde, ging die positive Elektricität am Punkt *p* in das Curcumäpapier und am Ende *n* aus demselben. Nach 40 bis 50 Umdrehungen der Maschine wurde das Ende *n* untersucht, und da fanden sich die beiden Ecken dunkel gefärbt durch die Gegenwart von freiem Alkali (Fig. 8).

463. Ein ähnliches Stück Lackmuspapier, getränkt mit einer Glaubersalzlösung (*n* Fig. 9), wurde nun auf das Ende der Ableitung *a* gelegt und sein Ende gegenüber der mit dem Conductor der Maschine verbundenen Spitze *p* aufgestellt. Nachdem die Maschine eine kurze Zeit gedreht worden war, hatte sich an beiden [**406**] der Spitze zuwärts liegenden Ecken, d. h. an den beiden Ecken, welche Elektricität aus der Luft empfingen, Säure entwickelt. Jede Vorsicht war getroffen, damit nicht diese Säure von den durch die Luft gegangenen Funken oder Lichtpinseln gebildet worden sein konnte (322); und diese sowohl wie die begleitenden Thatsachen überhaupt sind hinreichend, zu zeigen, dass die Säure wirklich das Resultat der elektro-chemischen Zersetzung war (466).

464. Ein langes, an einem Ende breites und am anderen

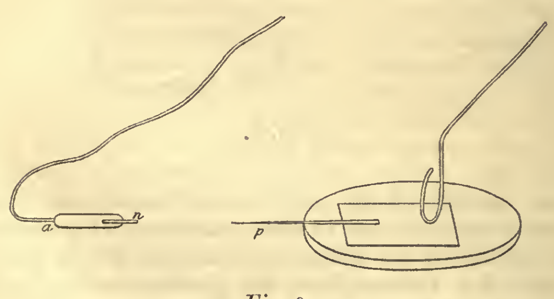


Fig. 9.

zugespitztes Stück Curcumapäpier wurde mit der Salzlösung angefeuchtet und unmittelbar mit der Maschine verbunden, so dass sein zugespitztes Ende sich der Spitze auf der Ableitung gegenüber befand. Als die Maschine gedreht wurde, entwickelte sich Alkali an jenem spitzen Ende; und selbst als die Leitung fortgenommen ward und man die Elektricität ganz allein in die Luft entweichen liess, ward dennoch dort, wo die Elektricität das Curcumäpapier verliess, Alkali entwickelt.

465. Es wurden nun Anordnungen getroffen, bei denen die zu zersetzende Substanz gar nicht mit Metallen in Verbindung kam, sondern beide Pole (wenn man hier diesen Namen noch gebrauchen darf) nur aus Luft gebildet wurden. Ein Stück Curcumäpapier *a* (Fig. 10) und ein Stück Lackmuspapier *b*, beide mit Glaubersalzlösung getränkt, wurden so zusammen-

gelegt, dass sie einen feuchten zugespitzten Conductor bildeten, und dann mit Wachs zwischen den Spitzen zweier Nadeln befestigt, von denen die eine *p* durch einen Draht mit dem Conductor der Maschine und die andere *n* mit der Ableitung verbunden war. Der Zwischenraum zwischen der Papier- und Nadelspitze betrug auf jeder Seite ungefähr einen halben Zoll; die positive Spitze *p* lag dem Lackmuspapier gegenüber, die negative *n* dem Curcumäpapier. Die Maschine ward nur eine Zeit lang gedreht, worauf die Zersetzung auch bald zum Vorschein kam, denn die [**407**] Lackmusspitze *b* wurde von daselbst entwickelter Säure geröthet, die Curcumäspitze *a* ebenfalls durch die gleichzeitige Freiwerdung vom Alkali.

466. Als das Papier herumgedreht wurde, so dass die Lackmusspitze die positive Elektricität ausgeben und die Curcumäspitze dieselbe aufnehmen musste, verschwanden, nach kurze Zeit unterhaltenem Drehen der Maschine, beide rothen

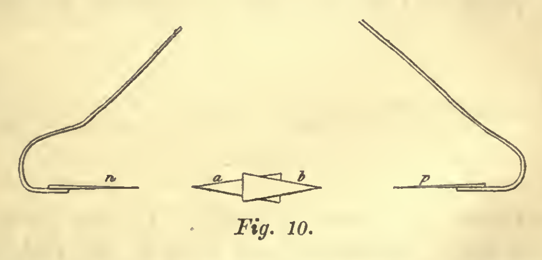


Fig. 10.

Flecke; und da bei fortgesetzter Wirkung der Maschine kein rother Fleck auf dem Lackmusende wieder gebildet wurde, war es bewiesen, dass im ersten Falle (463) die Röthung nicht von der aus der Luft durch Wirkung von Funken oder blossen elektrischen Entladungen gebildeten Salpetersäure (322) hervorgebracht worden.

467. Sieht man die in diesem Versuch vereinigten Stücke Lackmus- und Curcumäpapier als einen von der Maschine oder von der Ableitung unabhängigen Conductor an und betrachtet die Endstellen der freigewordenen Elemente in Bezug auf diesen Conductor, so findet man, dass die Säure sich am n e g a t i v e n oder empfangenden Ende oder Pol der Vorrichtung und das Alkali am p o s i t i v e n oder ausgebenden Ende ansammelt.

468. Aehnliche Spitzen von Lackmus- und Curcumäpapier wurden nun auf Glasplatten gelegt und durch sechs Fuss lange

Schnüre, die, wie die Papiere, mit Glaubersalzlösung getränkt waren, verbunden. Eine mit der Maschine verbundene Nadelspitze wurde der Lackmusspitze gegenüber angebracht und eine andere, mit der Ableitung verbundene Nadelspitze gegenüber der Curcumäspitze aufgestellt. Beim Drehen der Maschine erschien Säure auf dem Lackmus- und Alkali auf dem Curcumäpapier; das letztere war indess nicht so reichlich wie in den früheren Fällen, denn von der Schnur ging viel Elektricität in die Luft, wodurch die an der Curcumäspitze entladene Quantität sehr verringert wurde.

469. Endlich wurden vier kleine, aus Lackmus- und [408]
Curcumäpapier zusammengesetzte Conductoren (Fig. 11), getränkt mit Glaubersalzlösung und getragen von Glasstäben, in geringer Entfernung von einander und in einer geraden Linie zwischen den Spitzen *p* und *n* der Maschine und der Ableitung angebracht, so dass die Elektricität der Reihe nach durch sie gehen, durch die Lackmusspitzen *b*, *b* eintreten und durch die

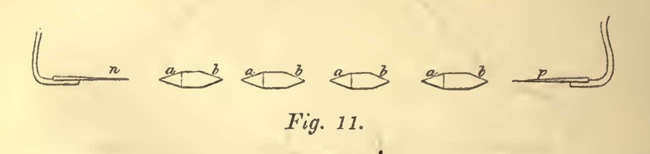


Fig. 11.

Curcumäspitzen *a*, *a* austreten musste. Als nun die Maschine mit sorgfältiger Vermeidung von Funken und Lichtbüscheln (322) gedreht wurde, erhielt ich bald Beweise von Zersetzung an jedem der feuchten Conductoren, denn alle Lackmusspitzen zeigten freie Säure und alle Curcumäspitzen ebenso freies Alkali.

470. Lösungen von Jodkalium, essigsaurem Blei u. s. w. angewandt, gaben ähnliche Resultate; da sie aber sämmtlich mit den oben beschriebenen übereinstimmten, so werde ich sie hier nicht weiter auseinander setzen.

471. Diese Fälle von elektro-chemischer Zersetzung sind durchaus von gleicher Art wie die, welche unter gewöhnlichen Umständen von der Volta'schen Batterie hervorgebracht werden, ungeachtet in Bezug auf die Gegenwart oder Abwesenheit oder wenigstens die Natur der für gewöhnlich Pole genannten Theile, so wie auch was die endliche Lage der an den Grenzen der elektrisirten Oberflächen (467) ausgestossenen Elemente betrifft, grosse Verschiedenheiten da sind. Sie deuten

zugleich auf eine innerliche Action der die Zersetzung erleidenden Theile und scheinen zu zeigen, dass die Kraft, welche die Trennung der Elemente bewirkt, dort und nicht an den Polen ausgeübt wird. Doch ich werde die Betrachtung dieses Punktes für eine Weile (493. 518) fallen lassen, um zuvor eine andere vermeintliche Bedingung zur elektro-chemischen Zersetzung in Betracht zu ziehen*).

[409]

2. Einfluss des Wassers bei elektro-chemischen Zersetzungen.

472. Es ist die Meinung mehrerer Physiker, dass die Gegenwart des Wassers wesentlich sei für eine elektrochemische Zersetzung und auch für die Elektricitätsentwicklung durch die Volta'sche Batterie. Da die Zersetzungszelle nichts weiter ist als eine der Zellen der Batterie, in die man zum Behufe des Versuchs gewisse Substanzen gebracht hat, so ist es wahrscheinlich, dass das, was in dem einen Falle ein wesentlicher Umstand ist, es auch mehr oder weniger in dem anderen sein werde. Die Meinung also, dass Wasser zur Zersetzung wesentlich sei, hat wohl ihren Grund in der Behauptung *Humphry Davy*'s, dass »ausser den wasserhaltigen keine Flüssigkeiten bekannt sind, welche sich als Verbindungsmittel zwischen den Metallen oder dem Metall des Volta'schen Apparats gebrauchen lassen«**), und ferner, dass, »wenn irgend eine Substanz, die aus Wasser, Sauerstoff und einem brennbaren oder metallischen Stoff besteht, durch Erhitzung

---

*) Seit der Anstellung und Beschreibung dieser Versuche habe ich aus einer Note zu Sir *Humphry Davy*'s Aufsatz in den Philosophical Transactions f. 1807, p. 31, ersehen, dass dieser Physiker bei Wiederholung des *Wollaston*'schen Versuchs der Wasserzersetzung durch gemeine Elektricität (327. 330) eine Vorkehrung anwandte, die einigen der von mir beschriebenen einigermaassen ähnlich ist. Er tauchte eine verwahrte Platinspitze, die mit der Maschine verbunden war, in destillirtes Wasser und liess die Elektricität durch angefeuchtete Baumwollenfasern aus dem Wasser in die Luft entweichen. Auf diesem Wege behauptet er Sauerstoff und Wasserstoff getrennt von einander erhalten zu haben. Wäre mir dieser Versuch bekannt gewesen, so hätte er in einer früheren Reihe dieser Untersuchungen (342) angeführt werden müssen; allein er hebt keinen der Einwände, welche ich gegen *Wollaston*'s Apparat, als einen Zeugen für wahre chemische Action, gemacht habe (331).

**) Elements of Chemical Philosophy, p. 169.

flüssig gemacht und jenen Drähten ausgesetzt wird, ähnliche (Zersetzungs-) Erscheinungen auftreten*).

473. Diese Meinung haben, glaube ich, andere Physiker als unrichtig erwiesen, wiewohl ich [**410**] keine Angabe der Art anzuführen im Stande bin. *Humphry Davy* selbst sagt im J. 1801, dass trockener Salpeter, Aetzkali und Aetznatron, wenn sie durch einen hohen Wärmegrad flüssig gemacht worden, Leiter des Galvanismus sind**); allein er muss geglaubt haben, dass diese Stoffe, oder wenigstens der Salpeter, keine Zersetzung erleiden, denn elf Jahre später sprach er die obigen Behauptungen aus. Im J. 1826 sagte er auch, dass wasserfreie Körper, wie geschmolzene Bleiglätte und geschmolzenes chlorsaures Kali, hinreichten, mit Platin und Zink kräftige Ketten zu bilden***); allein er spricht hier von der in der Volta'schen Säule erzeugten Elektricität und nicht von deren Effect, nachdem sie entwickelt worden; eben so wenig geht aus seinen Worten hervor, dass das, was er früher in Bezug auf die Zersetzung deutlich behauptet hat, irgend eine Berichtigung erfordere.

474. Ich kann mich zur Erledigung dieses Gegenstandes auf die letzte Reihe dieser Experimental-Untersuchungen (380. 402) beziehen, da daselbst bewiesen ist, dass es Hunderte von Körpern giebt, die in dieser Hinsicht gleich wirksam wie das Wasser sind, dass dahin unter den binären Verbindungen gehören: Oxyde, Chloride, Jodide und selbst Sulfide (402), und dass unter den zusammengesetzteren Verbindungen, Cyaniden und Salzen viele von eben so grosser Wirksamkeit vorkommen (402).

475. Wasser ist also in dieser Beziehung nur eine unter einer sehr zahlreichen Klasse von Substanzen und keineswegs die alleinige und wesentliche; es ist in Bezug auf Fähigkeit, die Leitung zu erleichtern und Zersetzung zu erleiden, eine der schlechtesten in dieser Klasse. Die Gründe, weshalb man ihm so lange ausschliesslich einen [**411**] Charakter beilegte, welchen es so wenig verdient, sind einleuchtend und liegen in der allgemeinen Nothwendigkeit eines flüssigen Zustandes (394); es ist nämlich von allen Körpern dieser Klasse der einzige, welcher in gewöhnlicher Temperatur flüssig

---

*) Elements of Chemical Philosophy, p. 144 und 145.

**) Journ. of the Royal Institution, 1802, p. 53.

***) Philosoph. Transact. f. 1826, p. 406.

ist; es kommt als das gewöhnliche natürliche Lösemittel reichlich vor und wird als solches beständig bei physikalischen Untersuchungen angewandt, weil es auf die Körper, diese seien gelöst oder ausgeschieden, weniger störend, zersetzend und verwickelt wirkt als irgend eine andere Substanz.

476. Die Aehnlichkeit der Zersetzungs- oder Experimentirzelle mit den übrigen Zellen der Volta'schen Batterie macht es fast gewiss, dass jede der Substanzen, welche in meinem letzten Aufsatz (402) als zersetzbar im flüssigen Zustand beschrieben sind, eben so wirksam, wenn nicht gar wirksamer als das Wasser sein werden, wenn man sie zwischen die Metallplatten einer Säule bringt. *Humphry Davy* fand Bleiglätte und chlorsaures Kali in dieser Weise wirksam*). Ich habe mannigfaltige Volta'sche Batterien errichtet und den obigen Schluss bestätigt gefunden. Wenn eine der folgenden Substanzen im geschmolzenen Zustande zwischen Kupfer und Platin eingeschaltet wird, tritt eine mehr oder weniger kräftige Volta'sche Action auf. Salpeter, chlorsaures Kali, kohlensaures Kali, schwefelsaures Natron, Blei-, Natrium-, Wismuth- und Calciumchlorid, Bleijodid, Wismuthoxyd, Bleioxyd. Der elektrische Strom besass dieselbe Richtung, wie wenn Säuren auf das Metall gewirkt hätten. Eine noch kräftigere Volta'sche Combination der Art wurde erhalten, wenn man eine der eben genannten Substanzen oder phosphorsaures Natron auf Platin und Eisen wirken liess. Auch mit Einschaltung von salpetersaurem Silberoxyd oder Chlorsilber im flüssigen Zustande wurde eine Volta'sche Action erhalten, doch hatte dann der elektrische Strom die umgekehrte Richtung.

[412]

3. Theorie der elektro-chemischen Zersetzung.

477. Die wahre Schönheit und der hohe Werth der elektrochemischen Zersetzungen haben dem Vermögen, durch welches die Volta'sche Säule dieselben hervorruft, ein grösseres Interesse verliehen als den übrigen Eigenschaften derselben, denn dieses Vermögen ist nicht nur innig verknüpft mit der Fortdauer, wenn nicht gar mit der Erzeugung der elektrischen Erscheinungen, sondern hat uns auch die schönsten Beweise von der Natur mancher zusammengesetzten Verbindung geliefert,

*) Philosoph. Transact. f. 1826, p. 406.

ist in den Händen von *Becquerel* ein Mittel zur Bildung zusammengesetzter Körper geworden, hat uns mehrere andere Substanzen kennen gelehrt und uns mit der Hoffnung erfüllt, dass es, vollständig gekannt, noch mehrere dergleichen liefern werde.

478. In dem, was man als die allgemeinen Thatsachen der elektro-chemischen Zersetzung betrachten kann, stimmen fast Alle überein, die über diesen Gegenstand geschrieben haben. Sie bestehen in der Zerfällung der zersetzbaren Substanz in ihre näheren oder zuweilen in ihre entfernteren Bestandtheile, sobald beide Pole unter den geeigneten Umständen mit jener Substanz in Berührung kommen; in der Abscheidung dieser Bestandtheile an auseinander liegenden Punkten, d. h. an den Polen der Säule, wo sie zuletzt entweder in Freiheit gesetzt oder mit der Substanz der Pole verbunden werden; und in dem beständigen Streben der ausgeschiedenen Bestandtheile zu diesem oder jenem Pole hin, gemäss gewissen wohl ermittelten Gesetzen.

479. Allein in den Ansichten über die Natur der Thätigkeit, durch welche diese Wirkungen hervorgebracht werden, weichen die Physiker sehr von einander ab; und da wir sicherlich eine bessere Anwendung von dieser Kraft zu machen im Stande sein würden, wenn wir ihre Wirkungsweise wirklich verstünden, so ist diese Meinungsverschiedenheit ein starker Antrieb zu ferneren [**413**] Untersuchungen. Ich hege die Hoffnung, dass die folgenden Versuche nicht als eine Vermehrung des Zweifelhaften, sondern als eine wahrhafte Erweiterung dieses Zweiges unserer Kenntnisse werden betrachtet werden.

480. Es wird nützlich sein, hier kurz die bereits aufgestellten Ansichten über die elektro-chemischen Zersetzungen anzuführen, damit man das Widersprechende und Ungenügende des heutigen Zustandes derselben einsehen möge, bevor ich eine, wie es scheint, genauer mit den Thatsachen übereinstimmende Ansicht aufstelle. Ich habe gewagt, jene Ansichten freimüthig zu beurtheilen, in der Zuversicht, dass ich dadurch ihren hochgesinnten Urhebern keinen Anstoss gebe; denn ich bin überzeugt, sie werden, wenn ich Recht habe, erfreut sein, dass ihre Ansichten als Wegweiser zum Fortschreiten in der Wissenschaft gedient haben; sollte ich aber in Irrthum verfallen sein, so mögen sie den Eifer, der mich missleitete, entschuldigen, da er im Dienste jener grossen Lehre

ausgeübt wurde, deren Gedeihen und Fortschreiten sie erstrebt haben.

481. *Grotthuss* schrieb im J. 1805 eigens über die Zersetzung der Flüssigkeiten durch Volta'sche Elektricität*). Er betrachtet die Säule als einen elektrischen Magnet, d. h. als ein anziehendes Agens, bei dem die Pole anziehende und abstossende Kräfte ausüben. Der Pol, von dem die Harzelektricität ausgeht, zieht Wasserstoff an und stösst Sauerstoff ab, während der, von welchem die Glaselektricität ausfliesst, Sauerstoff anzieht und Wasserstoff abstösst, so dass z. B. jedes der Elemente eines Wassertheilchens einer anziehenden und einer abstossenden Kraft, die in entgegengesetzten Richtungen wirken, ausgesetzt ist. Die Wirkung einer jeden Kraft auf ein in der Bahn des elektrischen Stromes liegendes Wassertheilchen steht im umgekehrten Verhältniss des Quadrats der Entfernung, in welcher sie ausgeübt wird, und so entspringt (wie behauptet wird) für jedes solche [**414**] Theilchen eine constante Kraft**). Das Auftreten der Elemente in Entfernung von einander erklärt er durch eine Reihe von Zersetzungen und Wiederzusammensetzungen der dazwischen liegenden Theilchen***), und er hält es für wahrscheinlich, dass diejenigen, welche an den Polen ausgeschieden werden, sich daselbst mit den beiden Elektricitäten verbinden und demzufolge gasförmig werden †).

482. *Humphry Davy*'s berühmte *Baker*'sche Vorlesung über einige chemische Wirkungen der Elektricität, gehalten im November 1806, beschäftigt sich fast gänzlich mit der Betrachtung der elektro-chemischen Zersetzungen. Die Thatsachen sind von der äussersten Wichtigkeit und wie die dadurch gewonnenen Resultate jedermann bekannt. Die Art, wie die Wirkungen stattfinden sollen, ist sehr allgemein angegeben, so allgemein in der That, dass sich vermuthlich ein Dutzend genauer Schemate von elektro-chemischer Action aufstellen lassen, die wesentlich von einander abweichen und doch sämmtlich mit der daselbst aufgestellten Definition übereinstimmen.

483. Wo *Humphry Davy* speciellere Ausdrücke gebraucht, scheint er die zersetzenden Wirkungen auf Anziehungen der

*) Annal. de chim. 1806, T. LVIII p. 64.

**) Ebendaselbst, T. LVIII p. 66. 67, auch T. LXIII p. 20.

***) Ebendaselbst, T. LVIII p. 68 und T. LXIII p. 20.

†) Ebendaselbst, T. LXIII p. 34.

Pole zurückzuführen. Dies ist der Fall bei dem »Allgemeinen Ausdruck der Thatsachen«, den er p. 28 und 29 auch 30 der Philosophical Transactions für 1807 giebt. Ebenso spricht er p. 160 seiner Elements of chemical Philosophy von den grossen Anziehungskräften der Oberfläche der Pole. Er erwähnt der Wahrscheinlichkeit einer Reihe von Zersetzungen und Wiederzusammensetzungen längs der Flüssigkeit, übereinstimmend [**415**] in dieser Hinsicht mit *Grotthuss**); auch nimmt er an, dass die anziehenden und abstossenden Wirkungen sich von den Metallflächen aus durch die gesammte Flüssigkeit verbreiten, von einem Theilchen zu einem anderen derselben Art übergehen**), und von den Polen ab schwächer werden bis zu der Mitte, die nothwendig neutral sei***). In Bezug auf diese Abnahme der Kraft mit Zunahme der Entfernung von den Polen sagt er, dass in einem 10 Zoll langen Bogen von Wasser eine Lösung von schwefelsaurem Kali in 4 Zoll Entfernung von dem positiven Pol nicht mehr zersetzt werde, während es der Fall sei, wenn der Abstand von den Polen nur 2 Zoll betrage†).

484. Als *Humphry Davy* im J. 1826 abermals über diesen Gegenstand schrieb, äusserte er, dass er an der in seiner Originalabhandlung niedergelegten Fundamentaltheorie nichts zu ändern nöthig finde††), und er gebrauchte die Ausdrücke Anziehung und Abstossung anscheinend in gleichem Sinne wie früher†††).

485. Im J. 1807 experimentirten die HH. *Riffault* und *Chompré* über denselben Gegenstand. Sie kamen zu dem Schluss, dass der Volta'sche Strom auf seinem ganzen Laufe Zersetzungen in dem feuchten Leiter hervorrufe, nicht vorübergehend bloss zum Behufe der von *Grotthuss* und *Davy* erwähnten Wiederzusammensetzungen, sondern zur Erzeugung bleibender Trennungen der Elemente in der Bahn des Stromes und anderswo als an den Polen. Sie hielten dafür, der negative Strom sammele die Säuren u. s. w. und führe sie zum positiven Pol, während der positive Strom dasselbe Geschäft [**416**] mit den Basen vornehme und sie an negativen Pol

---

*) Philosoph. Transact. f. 1807, p. 29 und 30.
**) Ebendaselbst, p. 29.
***) Ebendaselbst, p. 42.
†) Ebendaselbst, p. 42.
††) Ebendaselbst, 1826, p. 383.
†††) Ebendaselbst, p. 389. 407. 415.

anhäufe. Sie halten gleichfalls die Ströme für desto kräftiger, je näher sie den respectiven Polen kommen, und behaupten, der positive Pol sei stärker als der negative*).

486. Hr. *Biot* ist sehr vorsichtig in Aeusserung einer Meinung über die Ursache der Trennung der Elemente eines zusammengesetzten Körpers**). So weit sich aber die Erscheinungen einsehen lassen, bezieht er sie auf die entgegengesetzt elektrischen Zustände der in der Nähe der beiden Pole befindlichen Portionen der zersetzt werdenden Substanz. Am positiven Pol ist die Flüssigkeit am positivsten; von da an nimmt sie an Positivität ab bis zur Mitte, wo sie neutral und nicht elektrisch ist; allein von hier aus bis zum negativen Pol wird sie fortwährend negativer***). Wird ein Salztheilchen am negativen Pol zersetzt, so nimmt er an, das Säuretheilchen erlange von dem Pol einen stärker negativ elektrischen Zustand als die umgebenden unzersetzten Theilchen und werde daher aus ihnen fortgestossen zu der gegen den positiven Pol hinliegenden Portion der Flüssigkeit, wohin es auch von diesem Pol selbst und von den ihn umgebenden Theilchen der positiven unzersetzten Flüssigkeit gezogen werde†).

487. Hr. *Biot* scheint nicht die von *Grotthuss*, *Davy* u. s. w. erwähnten successiven Zersetzungen anzunehmen; allein er scheint zu glauben, dass die Substanz auf die Dauer ihres Uebergangs mit Elektricität verbunden oder vielmehr bekleidet werde††), und dass sie, wiewohl [**417**] sie diese Elektricität der umgebenden und sie berührenden unzersetzten Masse mittheile, doch während des Uebergangs einen kleinen Ueberschuss von der zuerst von dem Pol empfangenen Art behalte und vermöge dieser Differenz durch die Flüssigkeit zu dem entgegengesetzten Pol hingetrieben werde†††).

488. Diese Theorie behauptet, dass die Zersetzung an beiden Polen bei bestimmten Portionen der Flüssigkeit stattfinde, durchaus aber nicht bei den dazwischen liegenden Theilchen. Die letzteren dienen bloss als unvollkommene Leiter, welche, indem sie einen elektrischen Zustand annehmen, die

---

*) Annal. de chim. 1807, T. LXIII p. 83.

**) Précis élémentaire de physique, 3me Edition, 1824, T. I p. 641.

***) Ebendaselbst, p. 637.

†) Ebendaselbst, p. 641. 642.

††) Ebendaselbst, p. 636.

†††) Ebendaselbst, p. 642.

an den Polen stärker elektrisirten Theilchen vermöge einer Reihe gewöhnlicher elektrischer Anziehungen und Abstossungen in entgegengesetzten Richtungen durch sich hintreiben*).

489. Hr. *A. de la Rive* untersuchte diesen Gegenstand näher und machte darüber i. J. 1825 einen Aufsatz bekannt**). Er glaubt, Diejenigen, welche die Erscheinungen auf die Anziehungskräfte der Pole bezögen, gäben mehr einen allgemeinen Ausdruck für die Thatsache als eine Erklärung derselben. Er betrachtet die Resultate als Folge einer wirklichen, durch eine Art von Verwandtschaftsspiel bewirkten Verbindung der ganzen oder vielmehr der halben Anzahl der Elemente mit den von den Polen ausgehenden Elektricitäten (a. a. O. p. 200. 202). Der Strom aus dem positiven Pol verbindet sich mit dem Wasserstoff oder den daselbst vorhandenen Basen, und indem er den Sauerstoff oder die Säuren in Freiheit setzt, führt er die Substanzen, mit denen er verbunden [**418**] ist, durch die Flüssigkeit zu dem negativen Pol, wo er, vermöge der besonderen Eigenschaft des Metalls als Leiters***), von den Substanzen getrennt wird, in das Metall eindringt und den Wasserstoff oder die Basen auf dessen Oberfläche zurücklässt. In derselben Weise setzt die Elektricität aus dem negativen Pol den Wasserstoff oder die vorhandenen Basen in Freiheit, verbindet sich mit dem Sauerstoff oder den Säuren und führt sie zu dem positiven Pol, wo sie dieselben absetzt†). In dieser Beziehung kommt Herrn *A. de la Rive*'s Hypothese zum Theil mit der der Herren *Riffault* und *Chompré* überein (485).

490. Hr. *de la Rive* hält dafür, die zersetzt werdenden Portionen der Materie seien diejenigen, welche sich in der Nähe beider Pole befinden††). Er nimmt mit Anderen die successiven Zersetzungen und Wiederzusammensetzungen im ganzen Lauf der Elektricität durch den feuchten Leiter nicht an†††), glaubt aber, die Theile in der Mitte desselben blieben ungeändert oder dienten wenigstens nur zur Leitung der beiden von den Polen aus in entgegengesetzter Richtung gehenden

*) Précis élémentaire de physique, 3me Edition 1824, T. I p. 638. 642.

**) Annal. de chim. et de phys. T. XXVIII p. 190.

***) Ebendaselbst, p. 202.

†) Ebendaselbst, p. 201.

††) Ebendaselbst, p. 197. 198.

†††) Ebendaselbst, p. 192. 199.

Ströme von Elektricität und Substanz*). Die Zersetzung eines Wasser- oder Salztheilchens kann daher an jedem der Pole stattfinden, und wenn sie einmal zu Stande gekommen, ist sie für die Zeit beendet, da keine Recombination stattfindet, es sei denn, dass die momentane Vereinigung des fortgeführten Partikels mit der Elektricität so betrachtet werden kann.

491. Die letzte Ansicht über diesen Gegenstand stammt meines Wissens von Hrn. *Hachette* her und datirt vom October 1832**). Er äussert sie gelegentlich [**419**] bei Beschreibung der Zersetzung des Wassers durch magneto-elektrische Ströme (346). Er sagt: Eins der Resultate des Versuchs besteht darin, dass es für die chemische Zersetzung des Wassers nicht nöthig ist, wie man vorausgesetzt hat, dass die Wirkung der beiden Elektricitäten, der positiven und negativen, gleichzeitig vorhanden sei.

492. Es ist mehr denn wahrscheinlich, dass viele andere Ansichten über die elektro-chemische Zersetzung publicirt worden sind, und unter ihnen vielleicht einige, welche von den obigen abweichen, und die, wäre ich bekannt mit ihnen, meiner eigenen Ueberzeugung nach, die Bekanntmachung meiner Ansichten unnöthig machen. Sollte dies der Fall sein, so bedauere ich meine Unkenntniss derselben und bitte die Verfasser um Entschuldigung.

---

493. Dass die elektro-chemische Zersetzung nicht von irgend einer directen Anziehung oder Abstossung der Pole (darunter die metallischen Enden entweder der Volta'schen Batterie oder des Apparats der gewöhnlichen Elektrisirmaschine verstanden) (312) auf die sie berührenden oder ihnen benachbarten Elemente abhängt, geht sehr deutlich aus den in der Luft angestellten Versuchen hervor (462. 465), wo die entwickelten Substanzen nicht an einem der Pole angehäuft, sondern, vermöge der Richtung des Stromes, an den Enden der zersetzten Substanz entwickelt, ich möchte sagen ausgestossen wurden. Allein trotz der ausserordentlichen Unähnlichkeit in der Beschaffenheit der Luft und der Metalle und der fast gänzlichen Verschiedenheit zwischen ihnen in Bezug auf Leitung der Elektricität und Ladung mit derselben

*) Annal. de chim. et de phys. T. XXVIII p. 200.
**) Ebendaselbst, T. LI p. 73. (Annal. Bd. XXVII S. 395.)

kann vielleicht noch behauptet werden, wiewohl ganz hypothetisch, dass nun die angrenzenden Luftportionen die Flächen oder Orte der Attraction seien, so wie es nach der Voraussetzung früher die Metalle waren. Um diesen [420] und andere Punkte zu erläutern, bemühte ich mich, eine Vorrichtung zu ersinnen, durch welche ich einen Körper gegen eine Wasserfläche so gut wie gegen Luft oder Metall zersetzen könnte, und dies gelang mir unzweideutig auf folgende Weise. Da der Versuch, um erfolgreich zu werden, aus sehr einfachen Gründen viele Vorsichtsmaassregeln erfordert und ich mich zur Erläuterung der Ansichten, die ich aufzustellen wagen will, späterhin auf ihn berufen muss, so werde ich ihn ausführlich beschreiben.

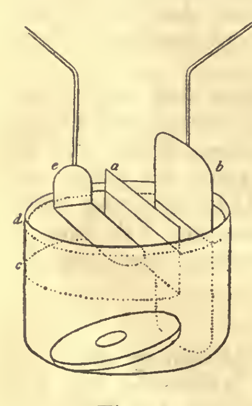


Fig. 12.

494. Ein 4 Zoll hoher und ebenso viel im Durchmesser haltender Glascylinder (Fig. 12) war querüber getheilt durch eine Scheidewand *a* von Glimmer, die vom Gefässrande anderthalb Zoll herabging und an den Seiten vollkommen wasserdicht schloss. Ein 3 Zoll breiter Platinspatel *b* ward an der einen Seite der Scheidewand in den Cylinder gestellt und daselbst durch einen am Boden liegenden Glasklotz festgehalten, so dass von dem Gase, welches im Laufe des Versuchs an ihm erzeugt wurde, nichts jenseits der Glimmerwand aufsteigen und daselbst Ströme in der Flüssigkeit erzeugen konnte. Eine starke Lösung von schwefelsaurer Magnesia wurde, mit sorgfältiger Vermeidung alles Spritzens, in den Cylinder gegossen, bis sie etwas über den unteren Rand der Glimmerwand *a* emporgestiegen war; es wurde sorgfältig darauf gesehen, dass in der linken oder *c*-Seite des Cylinders weder das Glas noch der Glimmer oberhalb des Niveaus der Flüssigkeit durch Erschütterungen benetzt wurde. Ein dünnes, sauberes und wohl mit destillirtem Wasser durchnässtes Korkstück wurde nun auf der *c*-Seite sanft auf die Lösung gesetzt und auf dasselbe langsam destillirtes Wasser gegossen, bis dieses auf der Lösung der schwefelsauren Magnesia eine $^1/_8$ Zoll dicke Schicht bildete. Jetzt wurde das

Ganze einige Minuten stehen gelassen, damit alle am Korke haften gebliebene Lösung herabgesunken oder von dem Wasser, das ihn trug, entfernt worden [421] war; dann wurde wieder destillirtes Wasser in ähnlicher Weise hinzugefügt, bis es beinahe den Rand des Cylinders erreichte. Auf diese Weise nahm die Lösung des Bittersalzes den ganzen unteren Theil des Cylinders und rechts von der Glimmerwand auch den oberen Theil desselben ein; allein links von der Scheidewand ruhte auf dieser Lösung eine anderthalb Zoll dicke Wasserschicht *cd*, und zwar, wie sich bei horizontaler Durchsicht ergab, in einer sehr scharf abgeschnittenen Berührungsfläche. Ein zweiter Platinpol *e* ward gerade unter der Oberfläche des Wassers angebracht, und zwar in einer fast horizontalen Lage, nur so stark geneigt, dass das während der Zersetznng entwickelte Gas entweichen konnte. Der untergetauchte Theil war drei und einen halben Zoll lang und einen Zoll breit und durch eine etwa sieben Achtelzoll dicke Schicht Wasser von der Bittersalzlösung geschieden.

495. Der letztere Pol *e* wurde nun mit dem negativen Ende einer Volta'schen Batterie von vierzig Paaren vierquadratzölliger Platten verbunden, der andere Pol *b* dagegen mit dem positiven Ende derselben. An beiden Polen fand Wirkung und Gasentwicklung statt; allein durch die Dazwischenkunft des reinen Wassers war die Zersetzung, verglichen mit der, welche die Batterie in einer gleichförmigen Lösung hervorgebracht haben würde, sehr schwach. Nach einer kleinen Weile (weniger denn eine Minute) erschien auch Magnesia an der negativen Seite; allein sie erschien nicht am negativen Pol, sondern im Wasser, an der Berührungsfläche zwischen Wasser und Lösung; wenn man horizontal durch den Cylinder sah, konnte man wahrnehmen, dass sie auf der Lösung lag und sich nicht über ein Viertelzoll über dieselbe erhob, während das übrige Wasser bis zum Pol hin vollkommen klar erschien. Bei Unterhaltung der Wirkung erregten die vom negativen Pol aufsteigenden Wasserstoffgasblasen einen Wirbel im Wasser, welcher in der Mitte empor- und an den Seiten herabstieg und dem gerade [422] unter dem Pol befindlichen Theil der Magnesiawolke das Ansehen gab, wie wenn er von diesem Pol angezogen würde; diese Erscheinung war indess ganz und gar eine Wirkung der Ströme und stellte sich erst ein, lange nachdem die verlangten Phänomene hinreichend ausgemittelt worden waren.

496. Nach einer Weile wurde die Volta'sche Verbindung unterbrochen und die Pole mit möglichst geringer Erschütterung aus dem Wasser und der Lösung gezogen, damit die an ihnen haftende Flüssigkeit untersucht werden konnte. Der Pol *e* zeigte bei Berührung mit Curcumäpapier keine Spur von Alkali; es konnte nichts als reines Wasser an ihm aufgefunden werden. Der Pol *b* dagegen, wiewohl aus einer grösseren Tiefe und Menge von Flüssigkeit hervorgezogen, wurde so sauer befunden, dass er unzweideutig auf Lackmus, auf die Zunge und andere Prüfmittel einwirkte. Hier waren also durchaus keine alkalischen Salze dazwischen getreten, welche zuerst eine Zersetzung erlitten und dann durch einen bloss chemischen Process die Abscheidung der Magnesia entfernt von den Polen bewirkt hätten.

Der Versuch wurde mehrmals wiederholt und immer mit demselben Erfolg.

497. Da man nun die bei elektro-chemischen Zersetzungen ausgeschiedene Substanz erscheinen lassen kann gegen Luft (465. 469), welche nach dem gewöhnlichen Sprachgebrauch kein Leiter ist und auch nicht zersetzt wird — oder gegen Wasser (495), welches leitend und zersetzbar ist —, oder gegen Metallpole, welche vortreffliche Leiter, aber unzersetzbar sind —, so scheint wenig Grund vorhanden, die Erscheinungen im Allgemeinen von einer Anziehung oder von anziehenden Kräften solcher Pole, wenn diese auf gewöhnliche Weise angewandt werden, abzuleiten, da man in den beiden ersteren Fällen schwerlich dergleichen Anziehungen annehmen kann.

498. Es liesse sich sagen, dass in diesen Fällen die [**423**] Flächen der Luft oder des Wassers zu Polen würden und als solche anziehende Kräfte ausübten; allein welchen Beweis hat man dafür? Die Thatsache, dass die entwickelten Substanzen sich daselbst sammeln, kann nicht als ein solcher angenommen werden, denn sie ist es gerade, die erklärt werden soll. Vielleicht könnte man sagen, im feuchten Leiter sei ein jeder Querschnitt wie der, wo im gegenwärtigen Falle Lösung und Wasser sich berühren, als ein Pol zu betrachten. Allein dies scheint mir nicht die Ansicht Derjenigen, oder wenigstens einiger Derjenigen gewesen zu sein, die über diesen Gegenstand geschrieben haben, und ist auch unvereinbar mit den von ihnen angenommenen Gesetzen für die Abnahme der Kraft mit zunehmender Entfernung von den Polen.

499. *Grotthuss* zum Beispiel beschreibt die Pole als Centra

von anziehenden und abstossenden Kräften (481), die sich umgekehrt wie die Quadrate der Entfernungen verändern, und daher, sagt er, werde ein Theilchen, das sich irgendwo zwischen den Polen befinde, mit constanter Kraft angetrieben. Allein die resultirende Kraft, welche aus der von ihm angenommenen Combination entspringt, würde keineswegs überall constant, vielmehr an den Polen am stärksten sein, und von diesen nach der Mitte hin abnehmen. *Grotthuss* hat jedoch, zufolge meiner Versuche (502. 505), in der Thatsache Recht, dass die auf die Theilchen wirkende Kraft überall im ganzen Bogen gleich stark ist, wenn man die Bedingungen des Versuchs möglichst einfach gestaltet hat; allein diese Thatsache widerspricht seiner Theorie und, wie ich glaube, auch allen Theorien, welche die Zersetzungen von einer Anziehungskraft der Pole ableiten.

500. Sir *Humphry Davy**), welcher auch von der Abnahme der Kraft mit Zunahme der Entfernung von den Polen spricht (483), nimmt an, dass, wenn auch beide [**424**] Pole zersetzend auf die Substanzen einwirken, doch die Zersetzungskraft nach der Mitte hin abnehme. In der Angabe dieser Thatsache widerspricht er *Grotthuss*, und er erwähnt eines Versuchs, bei welchem schwefelsaures Kali, das in einem feuchten Leiter von constanter Länge in verschiedene Entfernungen von den Polen gebracht worden war, zersetzt wurde, sobald es sich nahe an den Polen befand, nicht aber, wenn es von ihnen entfernt war. Dies würde sich auch nothwendig aus der Theorie ergeben, welche die Pole als Attractions- und Repulsionscentra betrachtet; allein ich habe die Angabe durch keine weiteren Versuche unterstützt gefunden (505), und in dem einen, von *Davy* erwähnten rührte die Erscheinung unzweifelhaft von einer der vielen mit solchen Untersuchungen verknüpften Störungen her.

501. Ein Glasgefäss ward durch eine senkrecht befestigte Platinplatte in zwei gleiche Zellen getheilt. Darüber wurde eine Kappe (head) von Glimmer befestigt, um das bei dem Versuche entwickelte Gas aufzufangen, dann jede Zelle und der Raum unter dem Glimmer mit verdünnter Schwefelsäure gefüllt. Als Pole wurden zwei Platindrähte angewandt, von denen jeder in einer Platinplatte endigte. Jeder war in eine Röhre eingeschlossen und in deren einem Ende luftdicht

*) Philosoph. Transact. 1807, p. 42.

befestigt, so dass er darin beweglich war und doch das an ihm entwickelte Gas gesammelt werden konnte. Die Röhren wurden mit den Säuren gefüllt und eine von ihnen in jede Zelle getaucht. Jeder Platinpol war an der Oberfläche gleich der einen Seite der Platinwand in der Mitte des Glasgefässes, und das Ganze konnte betrachtet werden als eine Vorrichtung zwischen den Polen der Batterie eines feuchten, zersetzbaren Leiters, der in der Mitte durch ein dazwischen gesetztes Platindiaphragma getheilt war. Erforderlichenfalls konnte einer der Pole leicht weiter in der Röhre hinaufgezogen werden, und dann war das Platindiaphragma nicht mehr in der Mitte des feuchten [**425**] Leiters. Allein es mochte sich bei dieser Vorrichtung in der Mitte oder an den Seiten befinden, so entwickelte sich an ihm immer eine eben so grosse Menge Sauerstoff und Wasserstoff wie an den beiden äusseren Platten*).

502. Wenn die Galvanometerdrähte in Platten endigen und diese in verdünnte Säure getaucht sind, welche in einem regelmässig geformten rectangulären und an beiden Enden durch Pole von gleichem Querschnitt wie die Flüssigkeit mit der Volta'schen Säule verbundenen Glastrog enthalten ist, so wird ein Theil der Elektricität durch das Galvanometer gehen und eine gewisse Ablenkung bewirken. Und wenn die Platten immer in derselben Entfernung von einander und von den Seiten des Troges gehalten werden, wenn sie stets einander parallel und gleichförmig in Bezug auf die Flüssigkeit gestellt sind, so wird das Galvanometer, seine Platten mögen nahe der Mitte der zersetzt werdenden Lösung oder nahe den Enden derselben eingetaucht sein, doch immer dieselbe Ablenkung und folglich dieselbe elektrische Wirkung anzeigen.

503. Klar ist, dass, wenn die Weite des zersetzt werdenden Leiters variirt, wie es immer der Fall ist, wenn blosse Drähte oder Platten als Pole in eine Lösung getaucht oder von dieser rings umgeben sind, sich kein beständiger Ausdruck für die Wirkung auf ein einzelnes im Laufe des Stromes liegendes Theilchen geben, noch irgend ein passender Schluss in Bezug auf die vermeintliche Anziehungs- oder Abstossungskraft der Pole ziehen lässt. Die Kraft wird sich verändern,

*) Bei diesem und ähnlichen Versuchen sind gewisse Vorsichtsmaassregeln nöthig, die man nur verstehen und befolgen kann, wenn man die im ersten Theil der sechsten Reihe dieser Untersuchungen beschriebenen Erscheinungen kennen wird.

je nachdem der Abstand von den Polen sich verändert, je nachdem das Theilchen sich gerade zwischen den Polen oder mehr [**426**] oder weniger auf einer Seite befindet, und gar je nachdem es den Seiten des Gefässes näher oder ferner liegt, oder die Gestalt des Gefässes selbst sich ändert, und in der That wird sich, durch zweckmässige Veränderungen in der Form der Vorrichtung, die auf ein einziges Theilchen wirkende Kraft verstärken, schwächen oder unveränderlich erhalten lassen, der Abstand dieses Theilchens von den Polen mag dabei unveränderlich bleiben oder grösser oder kleiner werden.

504. Nach zahlreichen Versuchen bin ich zu der Ansicht geführt, den folgenden allgemeinen Ausdruck für richtig zu halten, doch beabsichtige ich, ihn noch weiter zu prüfen, und wünsche daher, dass er gegenwärtig nicht für durchaus genau angesehen werde. Die Summe der chemischen Zersetzung ist constant für jeden Querschnitt eines zersetzt werdenden Leiters von gleichförmiger Beschaffenheit, welche Entfernung auch die Pole von einander oder von dem Querschnitt haben mögen, oder wie auch der Querschnitt die Ströme durchschneide, sei es senkrecht oder schief, so dass er fast von Pol zu Pol reicht, oder, wie auch der Querschnitt gestaltet sein möge, eben, gekrümmt oder unregelmässig im höchsten Grade; vorausgesetzt nur, dass der elektrische Strom in constanter Quantität erhalten werde (377) und dass der Durchschnitt alle Theile des durch den zersetzt werdenden Leiter gehenden Stromes einschliesse.

505. Ich habe Grund zu glauben, dass dieser Satz sich noch mehr verallgemeinern und folgendergestalt ausdrücken lasse: Bei constanter Quantität von Elektricität ist für jeden zersetzt werdenden Leiter, bestehe dieser aus Wasser, Salzlösungen, Säuren, geschmolzenen oder sonstigen Körpern, auch der Betrag der elektro-chemischen Action eine constante Grösse, d. h. äquivalent einem normalen, auf der gewöhnlichen Affinität beruhenden chemischen Effect. Ich habe diese Untersuchung neben [**427**] mehreren anderen vor und werde sie in einer der folgenden Abhandlungen mittheilen.

506. Wider die Hypothesen, dass Anziehung von den Polen die Ursache der elektro-chemischen Zersetzung sei, liessen sich noch viele andere Gründe anführen; doch will ich lieber zu der Ansicht übergehen, die mir vereinbarer mit den Thatsachen scheint, und nur noch die Bemerkung hinzufügen, dass,

wenn die Zersetzung mittelst der Volta'schen Batterie von der Anziehung der Pole oder der sie umgebenden Theile abhinge, diese elektrische Anziehung, da sie stärker ist als die gegenseitige Anziehung der getrennten Theilchen, stärker sein würde, wenn auch nicht als die stärkste, doch als eine sehr starke chemische Anziehung, wie sie z. B. zwischen Sauerstoff und Wasserstoff, Kalium und Sauerstoff, Chlor und Natrium, Säure und Alkali u. s. w. stattfindet; — eine Folgerung, welche, obgleich vielleicht nicht unmöglich, doch beim gegenwärtigen Zustand unserer Kenntnisse sehr unwahrscheinlich erscheint.

507. Die Ansicht des Hrn. *de la Rive* (489) und auch die der HH. *Riffault* und *Chompré* (485) von der Art, wie die elektro-chemische Zersetzung bewirkt wird, ist sehr verschieden von der bereits betrachteten und wird nicht durch Gründe oder Thatsachen gegen die letztere vertheidigt. So, wie sie von dem ersteren Physiker aufgestellt worden ist, scheint sie mir unzureichend, die von mir beschriebenen Versuche über Zersetzung gegen Luft- (462. 469) und Wasserflächen (495) zu erklären. Denn wenn man auch zwischen Metallen und feuchten Leitern die physikalischen Verschiedenheiten, welche Hr. *de la Rive* annimmt, um die Durchlassung der aus Substanz und Elektricität gebildeten Verbindung durch letztere (die feuchten Leiter) und die Durchlassung der blossen Elektricität durch erstere (die Metalle) zu erklären, für einen Augenblick zugiebt, so ist doch [**428**] das Verhalten von Luft und Metall in elektrischer Hinsicht so verschieden, dass man statt der Ersetzung des letzteren durch die erstere (462) eine gerade umgekehrte Wirkung erwarten sollte. Und selbst wenn man dies einräumt, würde doch der Versuch mit dem Wasser (495) auf einmal alles widerlegen, weil der zersetzende Pol dabei aus einer Substanz besteht, welche als fähig, die Verbindung von Elektricität und Substanz zu leiten, angesehen wird.

508. Was die Ansichten der HH. *Riffault* und *Chompré* betrifft (485), so ist das Vorkommen einer Ablagerung im Laufe des Stromes den wohlbekannten Wirkungen, welche bei den bis heute angewandten Formen des Versuchs erhalten wurden, so zuwider, dass die Thatsache erst bewiesen werden muss, bevor die darauf beruhende Hypothese berücksichtigt zu werden verdient.

509. Die Betrachtung der verschiedenen Theorien über die elektro-chemische Zersetzung hat mir, während sie mich

unbefriedigt liess, Zutrauen geweckt, ihre Zahl um eine zu vermehren; denn erst dadurch, dass die Theorie, welche ich nach reiflichster Ueberlegung vorschlage, die beträchtliche Menge der zu diesem Zweig der Wissenschaft gehörigen Thatsachen zu erklären und mit ihnen übereinzustimmen scheint, ohne dabei von irgend einer derselben widerlegt zu werden, bin ich ermuthigt, sie aufzustellen.

510. Die elektro-chemische Zersetzung beruht, wie bekannt, wesentlich auf dem Strom von Elektricität. Ich habe gezeigt, dass in gewissen Fällen (375) die Zersetzung proportional ist der durchgegangenen Elektricitätsmenge, gleichviel welche Intensität sie oder ihre Quelle besitzt, und dass dasselbe wahrscheinlich für alle Fälle richtig ist (377), selbst wenn man einerseits die Sache in grösster Allgemeinheit und andererseits den Ausdruck in grosser Genauigkeit nimmt.

511. Indem ich hier von dem Strome spreche, sehe ich mich genöthigt, noch umständlicher zu sein als bei [429] einer früheren Gelegenheit (283), da hierin die Ansichten der Physiker sehr verschieden sind, wiewohl sie, was die Wirkung des Stromes betrifft, übereinstimmen. Einige Physiker nehmen, mit *Franklin*, nur ein elektrisches Fluidum an, und diese müssen hinsichtlich der allgemeinen Gleichförmigkeit und des Charakters des Stromes übereinkommen. Andere nehmen zwei elektrische Fluida an, und bei diesen finden sich eigenthümliche Abweichungen.

512. Die HH. *Riffault* und *Chompré* z. B. sind der Meinung, der positive wie der negative Strom bewirke für sich Zersetzung, und sie behaupten, der positive Strom sei kräftiger als der negative*), indem salpetersaures Natron unter gleichen Umständen von dem ersteren zersetzt werde, von letzterem aber nicht.

513. Hr. *Hachette* **) sagt: Es ist für die Zersetzung des Wassers nicht nöthig, wie man geglaubt hat, dass die Wirkung der beiden Elektricitäten, der positiven und negativen, gleichzeitig geschehe. Dieser Satz, verstehe ich ihn recht, schliesst ein, dass man die eine Elektricität unabhängig von der anderen erhalten und zu Zersetzungen anwenden könne.

514. Die Ansicht des Hrn. *de la Rive* stimmt bis zu einem gewissen Grade mit der des Hrn. *Hachette* überein, denn er nimmt

*) Annal. de chim. 1807, T. LXIII p. 84.
**) Ebendaselbst, 1832, T. LI p. 73.

an, die beiden Elektricitäten zersetzen gesonderte Mengen Wasser (490)*). An einer Stelle spricht er von den beiden Elektricitäten als zwei »Influenzen«, wodurch er vielleicht vermeiden wollte, eine entschiedene Meinung über das unabhängige Dasein elektrischer Fluida zu äussern. Da aber angenommen wird, diese »Influenzen« verbinden sich mit den in Freiheit gesetzten Elementen durch eine Art von chemischer Wahlverwandtschaft und verstecken so lange gänzlich ihren Charakter, [**430**] so giebt dies der Idee etwas Unklares, insofern eine solche Art von Verbindung nur denkbar ist zwischen Dingen, die eine unabhängige Existenz besitzen. Die beiden elementaren elektrischen Ströme, welche sich von Pol zu Pol in entgegengesetzten Richtungen bewegen, bilden den gewöhnlichen Volta'schen Strom.

515. Hr. *Grotthuss* ist zu glauben geneigt, die Elemente des Wassers verbänden sich bei ihrer Trennung an den Polen mit den Elektricitäten und würden so Gase. Hrn. *de la Rive*'s Ansicht ist dieser gerade entgegengesetzt, denn nach ihm sind die Elemente während ihres Durchganges durch die Flüssigkeit Verbindungen mit den Elektricitäten, und bei ihrer Entwicklung an den Polen werden sie deselektrisirt.

516. Ich habe unter den vielen zur Stütze dieser Ansichten angeführten oder auf elektro-chemische Zersetzungen oder elektrische Ströme bezüglichen Versuchen nachgesehen, ob einer darunter mehr für die Theorie von zwei Elektricitäten spreche als für die von einer Elektricität; allein ich habe nicht eine einzige Thatsache auffinden können, die dies zu leisten im Stande wäre. In der Annahme der Hypothese von zwei Elektricitäten bin ich viel weniger im Stande gewesen, den geringsten Grund zu dem Glauben zu finden, dass in dem Strome die eine Elektricität kräftiger sei als die andere, oder dass eine ohne die andere vorhanden sein könne, oder dass die eine auch nur im geringsten Grade verändert werden könne, ohne dass bei der anderen eine entsprechende Verbindung eintrete. Wenn, bei der Voraussetzung von zwei Elektricitäten, ein Strom der einen ohne den der anderen erhalten, oder der Strom der einen mehr als der der anderen verstärkt oder geschwächt werden könnte, so würde sicherlich eine Veränderung in den chemischen oder magnetischen Wirkungen oder in beiden zu erwarten sein; allein solche Ver-

*) Annal. de chim. 1825, T. XXVIII p. 197. 201.

änderungen sind nicht beobachtet worden. Wenn ein Strom so geleitet wird, dass [431] er in einem Theile seines Laufes chemisch und in einem anderen magnetisch wirkt, so findet man immer, dass die beiden Wirkungen zusammen auftreten. Meines Wissens ist noch nicht ein Strom hervorgebracht, welcher chemisch wirkte und nicht magnetisch, eben so wenig wie einer, der als Magnet wirkte und nicht zu gleicher Zeit auch chemisch*).

517. Bloss nach den Thatsachen zu urtheilen, giebt es nicht den geringsten Grund, das Wesen (influence) dessen, was wir in Metallen, geschmolzenen Körpern, feuchten Leitern oder selbst in Luft, in Flammen und verdünnten elastischen Mitteln einen elektrischen Strom nennen, als ein Zusammengesetztes oder Complicirtes zu betrachten. Es ist niemals in einfachere oder elementare Wesen zerlegt worden und lässt sich vielleicht am besten betrachten als die Axe einer Kraft, die nach entgegengesetzten Richtungen genau gleich starke, aber entgegengesetzte Wirkungen ausübt.

518. Was die elektro-chemische Zersetzung betrifft, so scheint mir, dass der Effect hervorgebracht wird durch eine in Richtung des elektrischen Stromes ausgeübte innere Corpuscular-Action, und dass sie von einer Kraft herrührt, die entweder zu der gewöhnlichen chemischen Affinität der vorhandenen Körper hinzutritt oder die dieser letzteren Richtung verleiht. Der sich zersetzende Körper kann betrachtet werden als eine Masse wirkender Theilchen, von denen alle die, welche in dem Laufe des elektrischen Stromes liegen, zu der Endwirkung beitragen; und dadurch, dass die gewöhnliche chemische Affinität durch den Einfluss des elektrischen Stromes, parallel seinem Laufe, in der einen Richtung verringert, geschwächt oder [432] theilweise neutralisirt und in der anderen verstärkt und unterstützt wird, geschieht es, dass die verbundenen Theilchen eine Neigung haben, entgegengesetzte Wege einzuschlagen.

519. Bei dieser Auffassung hängt der Effect wesentlich ab von der gegenseitigen chemischen Affinität der Theilchen entgegengesetzter Art. Die Theilchen *a*, *a*, Fig. 13, können nicht anders von einem Pol *N*

---

*) Thermo-elektrische Ströme machen keine Ausnahme, weil sie, wenn sie nicht chemisch wirken, auch keine Ströme sind.

zum anderen Pol P übergeführt werden, als wenn sie Theilchen b, b der entgegengesetzten Art finden, welche bereit sind, in entgegengesetzter Richtung zu wandern; denn es ist nur ihre gesteigerte Affinität zu solchen Theilchen, verbunden mit der geschwächten Affinität zu den auf ihrem Wege hinter ihnen liegenden, wodurch sie vorwärts getrieben werden; und wenn ein Theilchen a, Fig. 14, an dem Pole anlangt, wird es ausgeschlossen oder in Freiheit gesetzt, weil das Theilchen b von entgegengesetzter Art, mit dem es einen Augenblick zuvor in Verbindung war, unter der überführenden Wirkung des Stromes eine grössere Verwandtschaft hat zu dem in seinem Wege vor ihm liegenden Theilchen a' als zu dem Theilchen a, zu welchem seine Verwandtschaft geschwächt worden ist.

520. So lange man nur ein einziges zusammengesetztes Theilchen betrachtet, kann man den Fall für analog mit einer gewöhnlichen Zersetzung ansehen; denn bei Fig. 14 kann man sich denken, es werde a durch die überwiegende Verwandtschaft von a' zu b aus der Verbindung $a\,b$ getrieben und a' bekomme diese höhere Verwandtschaft durch die relative Lage, welche $a'b$ und a in Bezug auf die Richtung der Axe der von dem Strome herbeigeführten elektrischen Kraft (517) einnehmen. Da aber alle zusammengesetzten Theilchen im Laufe des Stromes, mit Ausnahme der die Pole unmittelbar berührenden, gemeinschaftlich wirken und aus elementaren Theilchen bestehen, welche, während sie nach einer Richtung hin austreiben, nach der anderen ausgetrieben werden, [433] so wird der Fall verwickelter, jedoch nicht schwieriger zu begreifen.

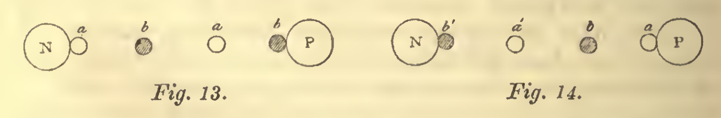


Fig. 13. *Fig. 14.*

521. Es wird hier nicht vorausgesetzt, dass die thätigen Theilchen in einer geraden Linie zwischen den Polen liegen. Die Wirkungslinien, welche man als Repräsentanten der elektrischen Ströme ansehen kann, die eine zersetzt werdende Flüssigkeit durchlaufen, haben in vielen Fällen eine sehr unregelmässige Gestalt; und selbst in dem einfachsten Fall, dass zwei Drähte oder Spitzen als Pole in einen Tropfen oder eine grössere Portion einer Flüssigkeit eingetaucht sind, müssen diese Linien von den Polen aus rasch divergiren; und die

Richtung, in welcher die chemische Verwandtschaft zwischen den Theilchen die stärkste Abänderung erleidet (519. 520), wird sich mit der Richtung dieser Linien verändern und beständig mit ihnen übereinstimmen. Allein selbst in Bezug auf diese Linien soll nicht vorausgesetzt sein, dass die auf einander wirkenden Theilchen ihnen nothwendig parallel liegen, sondern nur, dass sie im Allgemeinen mit deren Richtung übereinstimmen. Zwei Theilchen, nehmen wir an, werden in ihren gewöhnlichen chemischen Beziehungen zu einander nicht gestört, wenn sie gegen das ihnen benachbarte Stück des elektrischen Stromes in einer senkrechten Linie liegen, dagegen in ihrer Verwandtschaft erhöht, wenn ihre Verbindungslinie nach einer Seite hin gegen den Strom neigt, geschwächt, wenn diese Linie nach der anderen Seite hin neigt, und endlich wird der Effect ein Maximum, wenn die Linie dem Strome parallel liegt.

522. Dass die Wirkungen, wie sie auch beschaffen sein mögen, häufig in schiefen Richtungen stattfinden, erhellt daraus, dass sie sich auf Theilchen erstrecken, die in vielen Fällen nicht in gerader Linie zwischen den Polen [**434**] liegen. Wenn so z. B. Drähte als Pole in einem mit einer Lösung gefüllten Glase angewandt werden, geschehen die Zersetzungen und Wiederzusammensetzungen auch rechts und links von der geraden Linie zwischen den Polen, so wie überhaupt allenthalben, wohin die Ströme sich erstrecken, wie es viele Versuche beweisen; sie müssen daher oft zwischen Theilchen stattfinden, die gegen den Strom schief liegen. Noch schiefer gegen die Bahn der Ströme müssen häufig die Zersetzungen und Wiederzusammensetzungen eintreten, wenn ein Metallgefäss die Lösung enthält und den einen Pol bildet, während eine blosse Spitze oder ein Draht als anderer Pol genommen ist.

523. Die Theorie, welche ich aufzustellen wagte, erfordert, wie mir scheint, die Folgerung, dass die elementaren Theilchen eines der elektro-chemischen Zersetzung fähigen zusammengesetzten Körpers einen Einfluss auf einander ausüben, der sich über diejenigen hinaus erstreckt, mit denen sie in unmittelbarer Berührung stehen. So muss für das Wasser angenommen werden, dass ein Wasserstofftheilchen, welches mit einem Sauerstofftheilchen verbunden ist, sich gegen andere Sauerstofftheilchen, wiewohl diese mit anderen Wasserstofftheilchen verbunden sind, nicht ganz indifferent verhalte, sondern eine Verwandtschaft

oder Anziehung gegen sie äussere, welche, obgleich unter den gewöhnlichen Umständen nicht so stark als die, durch welche es mit seinem eigenen Sauerstofftheilchen verbunden ist, dieselbe doch unter dem in einer bestimmten Richtung thätigen elektrischen Einfluss gar übertreffen kann. Dies allgemeine Verhalten der in Verbindung stehenden Theilchen zu anderen, mit denen sie nicht verbunden sind, zeigt sich deutlich genug bei vielen rein chemischen Vorgängen, besonders bei denen, wo bloss partielle Zersetzungen stattfinden, so wie bei *Berthollet*'s Versuchen über die Wirkungen der Quantität auf die Verwandtschaft; und wahrscheinlich steht dasselbe in [435] Beziehung und Zusammenhang mit der Aggregationsanziehung, sowohl bei festen als flüssigen Körpern. Es ist merkwürdig, dass bei Gasen und Dämpfen, denen die Aggregationsanziehung fehlt, auch die zersetzende Kraft der Elektricität anscheinend schwindet und zugleich der chemische Einfluss der Masse nicht mehr wahrnehmbar ist. Nicht unwahrscheinlich beruht die Unzersetzbarkeit in diesen Fällen auf der Abwesenheit jener gegenseitigen Anziehung der Theilchen, welche die Ursache der Aggregation ist.

524. Ich hoffe nun meine Ansicht über die Ursache der elektro-chemischen Zersetzung, wenn auch in allgemeinen Ausdrücken, doch deutlich angegeben zu haben, so weit diese Ursache für jetzt nachgewiesen und verstanden werden kann. Ich denke mir die Effecte als entsprungen aus inneren, der in Zersetzung begriffenen Substanz angehörigen Kräften, und nicht aus äusserlichen, wie sie betrachtet werden könnten, wenn sie unmittelbar von den Polen abhingen. Ich nehme an, die Wirkungen seien Folge einer durch den elektrischen Strom hervorgebrachten Abänderung der chemischen Verwandtschaft der in oder neben der Bahn des Stromes liegenden Theilchen, wodurch diese das Vermögen erlangen, in einer Richtung stärker als in der anderen zu wirken, so dass sie durch eine Reihe folgweiser Zersetzungen und Wiederzusammensetzungen in entgegengesetzten Richtungen fortgeführt und endlich an den in Richtung des Stromes liegenden Grenzen des in Zersetzung begriffenen Körpers ausgetrieben oder ausgeschlossen werden, und dieses in grösserer oder geringerer Menge, je nachdem der Strom mehr oder weniger stark ist (377). Ich glaube daher, es würde logischer sein und die Thatsachen unmittelbarer bezeichnen, von dem zersetzt werdenden Körper in Bezug auf den durch ihn

gehenden Strom zu sprechen, als in Bezug auf die mit ihm in Berührung stehenden sogenannten Pole, und demgemäss zu sagen, [436] dass während der Zersetzung Sauerstoff, Chlor, Jod, Säuren u. s. w. zu dem negativen Ende und verbrennliche Stoffe, Metalle, Alkalien, Basen u. s. w. zu dem positiven Ende der zersetzt werdenden Substanz übergeführt werden (467). Ich glaube nicht, dass eine Substanz in dem elektrischen Strom weiter fortgeführt werden kann, als bis zu dem Punkte, wo sie aufhört Theilchen zu finden, mit denen sie im Stande ist, sich zu verbinden. Als Thatsachen, die diese Ansichten erläutern, kann ich mich zunächst auf die bereits beschriebenen, in Luft (465) und in Wasser (495) angestellten Versuche beziehen; jetzt will ich noch einige andere hinzufügen.

525. Um zu zeigen, dass die Zersetzung und die Fort-

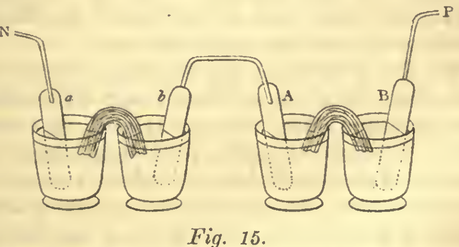


Fig. 15.

führung der Elemente abhängig sei von der chemischen Verwandtschaft der anwesenden Substanzen, wurden Versuche mit Schwefelsäure in folgender Weise angestellt. Es wurde verdünnte Schwefelsäure bereitet; ihr specifisches Gewicht war 1021,2. Nun wurde auch eine Lösung von schwefelsaurem Natron bereitet von solcher Stärke, dass ein Maass von derselben genau so viel Schwefelsäure enthielt als ein gleiches Maass von jener verdünnten Säure. Ferner wurde eine Lösung von reinem Natron bereitet und eine von reinem Ammoniak, jede von solcher Stärke, dass ein Maass derselben genau von einem Maasse der verdünnten Schwefelsäure gesättigt wurde.

526. Es wurden vier Glastassen wie in Fig. 15 aufgestellt, 17 Maass der verdünnten Schwefelsäure (525) in jede der Tassen *a* und *b* und 17 Maass der Lösung des schwefelsauren Natrons in jede der Tassen *A* und *B* gegossen. Zur Ver-

bindung von *a* und *b* mit *A* und *B* wurde Asbest angewandt, welcher gut mit Säure gewaschen, darauf der Volta'schen Säule ausgesetzt, gut mit Wasser gewaschen und nun durch Ausdrücken getrocknet worden war; die Stücke waren an Gewicht möglichst gleich und so kurz, als es [**437**] mit ihrem Zweck, eine wirksame Verbindung herzustellen, verträglich war. *b* und *A* waren durch zwei an die Enden eines Drahtes gelöthete Platten oder Pole von Platin verbunden und die Tassen *a* und *B* standen durch ähnliche Platten in Verbindung mit einer Volta'schen Batterie von 40 Paaren vierquadratzölliger Platten, nämlich *a* mit dem negativen und *B* mit dem positiven Pole derselben. Die Batterie, welche nicht stark geladen worden, wurde über eine halbe Stunde geschlossen erhalten. Hierdurch wurde die Gewissheit erhalten, dass ein gleicher Strom durch *ab* und durch *AB* ging und sowohl dort als hier eine gleiche Menge gleich starker Säure seiner Wirkung unterworfen ward, nur dass sie dort bloss in Wasser gelöst, hier zugleich an ein Alkali gebunden war.

527. Bei Unterbrechung der Batterie wurden die Asbeststücke ausgehoben und die an ihren Enden hängenden Tropfen in die respectiven Tassen fallen gelassen. Die Säuren in *a* und *b* wurden zuerst verglichen; zu dem Ende tarirte ich zwei Abdampfschalen und goss die Säure von *a* in die eine und die von *b* in die andere; da die eine etwas schwerer war als die andere, brachte ich ein Tröpfchen aus der schwereren in die leichtere, um sie an Gewicht gleich zu machen. Beim Neutralisiren mit der Natronlösung (525) erforderte die Säure aus *a* oder der negativen Tasse 15 Theile Natronlösung und die aus *b* oder der positiven Tasse 16,3 Theile. Dass die Summe hiervon nicht 34 ist, rührt hauptsächlich von der in den Asbest eingezogenen Säure her; nimmt man indess aus beiden Zahlen das Mittel, 15,65 Theile, so erhellt, dass ein Vierundzwanzigstel von der ursprünglich in der Tasse *a* befindlichen Säure durch den Einfluss des elektrischen Stromes aus *a* nach *b* geführt worden war.

528. Beim Vergleiche der Verschiedenheit der Säuren in *A* und *B* hielt ich die strenge Gewichtsgleichheit nicht für nothwendig, da die Lösung anfangs neutral war [**438**] und deshalb nicht auf Probeflüssigkeit wirken konnte, jetzt aber alle freie Säure in *B* und alles freie Alkali in *A* sein musste. Die Lösung in *A* erforderte zu ihrer Neutralisation 3,2 Maasse der zubereiteten Säure (525), die Lösung in *B* zu der ihrigen

3,2 Maass von der Natronlösung (525). Da der Asbest ein wenig Säure und Alkali aus den Tassen weggenommen haben musste, so waren diese Mengen um so viel zu klein, und es ergiebt sich deshalb, dass während der elektrischen Action ein Zehntel von der ursprünglich im Gefässe *A* befindlichen Säure nach *B* geführt worden war.

529. Bei einem zweiten ähnlichen Versuche ging von der gebundenen Säure ein Zehntel bis ein Elftel von *A* nach *B*, während von der freien Säure ein Fünfunddreissigstel von *a* nach *b* ging. Andere Versuche dieser Art gaben ähnliche Resultate.

530. Die Variation der elektro-chemischen Zersetzung, die Uebertragung der Elemente und deren Anhäufung an den Polen, je nachdem die der Wirkung ausgesetzte Substanz aus Theilchen von mehr oder weniger entgegengesetzter chemischer Verwandtschaft besteht, nebst dem Einfluss der letzteren Umstände ergeben sich zur Genüge aus diesen Fällen, wo eine gleiche Menge Schwefelsäure sich unter der Einwirkung eines gleichen Stromes befand, nur dass diesem in dem einen Falle die schwache Verwandtschaft des Wassers zur Säure und in dem anderen Falle die stärkere des Natrons zu derselben gegenüberstand. In letzterem Falle war die fortgeführte Menge drittehalb bis drei Mal grösser als in dem ersten, und es geht daraus sehr deutlich hervor, dass die Uebertragung sehr von der gegenseitigen Action der Theilchen des zersetzt werdenden Körpers abhängt.

531. Bei einigen der vorherigen Versuche wurde die Säure aus den Tassen *a* und *b* durch Ammoniak neutralisirt, **[439]** dann zur Trockne abgedampft, zur Rothgluth erhitzt und der Rückstand auf schwefelsaure Salze geprüft. Es wurde hierbei aus *a* mehr schwefelsaures Salz erhalten als aus *b*, zum Beweise, dass es unmöglich gewesen, Salzbasen (abstammend vom Asbest, Glase oder vielleicht den ursprünglichen Beimengungen der Säure) auszuschliessen, und dass sie mitgeholfen, die Säure nach *b* zu führen. Allein die Menge war klein und die Säure ward hauptsächlich durch Verwandtschaft zum anwesenden Wasser übergeführt.

532. Ich bemühte mich, gewisse Versuche anzustellen, durch welche Salzlösungen gegen Wasserflächen zersetzt werden mussten. Anfangs arbeitete ich mit der Elektrisirmaschine und mit einem Stück Fliesspapier oder Asbest, das mit der Lösung getränkt war und an seinen beiden Enden in Berührung

stand mit zugespitzten Papierstücken, die mit reinem Wasser angefeuchtet waren und dazu dienten, den elektrischen Strom zum mittleren Stück hinein und heraus zu leiten. Allein ich traf auf viele störende Schwierigkeiten. So liess es sich nicht verhüten, dass das Wasser und die Lösung in den Papierstücken sich an den Berührungspunkten vermischten. Ferner liess sich unter dem Einfluss der elektrischen Action so viel Säure aus dem mit der Ableitung verbundenen Papier oder vielleicht selbst aus der Luft austreiben, dass dadurch das au dem positiven Ende der zersetzten Lösung entwickelte Alkali neutralisirt und so nicht bloss hier am Erscheinen gehindert, sondern wirklich zu der metallischen Grenze übergeführt wurde. Und in der That, wenn man die Papierspitzen hier nicht sich berühren liess, und man die Maschine drehte, bis an dem ausgebenden oder positiven Ende des mit der Glaubersalzlösung befeuchteten Curcumäpapiers Alkali entwickelt ward, hatte man nur nöthig, die gegenüber liegende empfangende Spitze des mit der Ableitung verbundenen und mit destillirtem Wasser [**440**] befeuchteten Papiers auf die braune Spitze des Curcumäpapiers zu legen und beide zusammenzudrücken, um sogleich den alkalischen Effect verschwinden zu machen.

533. Der schon beschriebene Versuch mit schwefelsaurer Magnesia (495) begreift jedoch gerade einen solchen Fall und zeigt sehr klar, dass die Schwefelsäure und die Magnesia zu ihrer gegenseitigen Uebertragung und endlichen Ausscheidung genau so beitragen, wie die Schwefelsäure und das Natron in den (527) gegebenen Resultaten auf einander wirken, und dass die Magnesia, sobald sie über den Bereich der Säure vorgerückt ist und keine Substanz mehr findet, mit der sie sich verbinden kann, mit dem ihr eigenthümlichen Charakter zum Vorschein kommt und nicht länger im Stande ist, ihre Wanderung gegen den negativen Pol hin fortzusetzen.

534. Die Theorie, welche ich aufzustellen gewagt habe, scheint mir alle hauptsächlichsten Umstände der elektro-chemischen Zersetzung in genügender Weise zu erklären.

535. Zunächst erklärt sie, weshalb in allen gewöhnlichen Fällen die ausgeschiedene Substanz nur an den Polen erscheint; denn die Pole sind die Grenzflächen der zersetzt werdenden Substanz, und, mit Ausnahme dieser Stellen, findet jedes Theilchen andere Theilchen von entgegengesetzter Tendenz, mit denen es sich verbinden kann.

536. Ferner erklärt sie, warum in vielen Fällen die aus-

geschiedenen Elemente oder Substanzen nicht von den Polen zurückgehalten werden, was keine geringe Schwierigkeit für diejenigen Theorien ist, welche die Zersetzung direct von einer Anziehungskraft der Pole ableiten. Wenn ein Stück Platin durch irgend ein Mittel so viel Kraft erlangt, dass es ein Wasserstofftheilchen von dem augenblicks zuvor mit ihm verbundenen Sauerstofftheilchen abtrennen und anziehen kann, so scheint kein hinreichender Grund und keine Thatsache, ausser der zu erklärenden, vorhanden zu sein, woraus erhellte, warum dasselbe [**441**] nicht auch analog mit allen gewöhnlichen Anziehungskräften, wie die der Schwere, des Magnets, der Cohäsion, chemischen Verwandtschaft u. s. w., das von ihm kurz zuvor aus der Ferne und aus einer Verbindung aufgenommene Theilchen zurückhalten sollte. Und doch thut es dies nicht, sondern lässt es ungehindert entweichen. Diese Erscheinung hängt auch nicht davon ab, dass das Theilchen Gasform annimmt, denn Säuren und Alkalien u. s. w. behalten gleichfalls die Freiheit, sich in der den Pol umgebenden Flüssigkeit zu verbreiten, und zeigen kein besonderes Bestreben, sich mit dem Pol zu verbinden oder sich ihm anzuhängen. Es giebt zwar eine Masse von Fällen, wo eine Verbindung mit dem Pol stattfindet, aber diese erklären nicht die Fälle der Nichtverbindung und daher auch nicht das allgemeine Princip der Zersetzung.

537. Nach der von mir soeben aufgestellten Theorie scheint der Vorgang eine nothwendige Folge davon zu sein, dass die abgeschiedenen Substanzen aus der in Zersetzung begriffenen Masse ausgestossen werden (518. 519) und nicht ausgezogen werden durch eine Anziehung, welche ohne angebbaren Grund ihre Wirkung auf ein Theilchen abbricht, während sie fortfährt, auf andere gleichartige Theilchen zu wirken; dass ferner, es mögen die Pole aus Metall, Wasser oder Luft bestehen, dennoch die Substanzen abgeschieden, zuweilen in Freiheit gesetzt, zuweilen mit der Substanz der Pole verbunden werden, je nach der chemischen Natur der letzteren, d. h. nach der chemischen Beziehung ihrer Theilchen zu denen, welche die in Zersetzung begriffene Substanz hergiebt.

538. Die Theorie giebt von der Uebertragung der Elemente in einer Weise Rechenschaft, welche mir nichts unerklärt zu hinterlassen scheint; und in der That waren es die Erscheinungen der Uebertragung in den vielen Fällen der Zer-

setzung geschmolzener Körper (380. 402), welche, vereint mit den in der Luft gemachten Versuchen, [442] zu ihrer Aufstellung Anlass gaben. Fälle wie die früheren, wo auf binäre Verbindungen von leichter Zersetzbarkeit eingewirkt wurde, erläutern die Theorie vielleicht am besten.

539. Chlorblei z. B. in einer gebogenen Röhre geschmolzen (400) und durch Platindrähte zersetzt, giebt Blei, welches zu dem sogenannten negativen Pol übergeht, und Chlor, welches am positiven auftritt, dabei theils in Freiheit gesetzt, theils mit dem Platin verbunden wird. Das gebildete Platinchlorid, als löslich im Bleichlorid, ist auch der Zersetzung unterworfen, und so wird das Platin selbst allmählich durch die in Zersetzung begriffene Substanz fortgeführt und neben dem Blei am negativen Pol gefunden.

540. Bleijodid entwickelt viel Blei am negativen und viel Jod am positiven Pol.

541. Ein hübsches Beispiel liefert Chlorsilber, besonders wenn es durch Pole von Silberdraht zersetzt wird. Schmilzt man es auf einem Stücke Glas und bringt die Pole mit ihm in Berührung, so wird am negativen Pol viel Silber ausgeschieden und am positiven Pol eine gleich grosse Menge aufgelöst, denn es entweicht dabei kein Chlor. Bei sorgfältiger Handhabung lässt sich der negative Draht aus dem geschmolzenen Kügelchen herausziehen, da hier Silber reducirt wird und dies als Fortsatz des Poles dient, und so kann man einen fünf bis sechs Zoll langen Draht oder Faden reducirten Silbers erzeugen. Gleichzeitig wird das Silber des positiven Pols von dem sich daselbst hinbegebenden Chlor rasch aufgelöst, so dass man den Draht fortwährend einsenken muss wie er wegschmilzt. Der ganze Versuch schliesst nur zwei Elemente ein, Silber und Chlor, und erläutert in deutlicher Weise das Fortschreiten dieser Elemente in entgegengesetzten Richtungen, parallel dem elektrischen Strom, welcher während seiner Dauer ihren gegenseitigen [443] Verwandtschaften (524) eine gleichförmige allgemeine Richtung giebt.

542. Nach meiner Theorie wird ein Element oder eine unter den beim Versuche obwaltenden Umständen unzersetzbare Substanz (wie z. B. eine verdünnte Säure oder ein verdünntes Alkali) nicht übertragen oder von Pol zu Pol fortwandern, so lange es nicht in chemische Beziehung tritt zu einem anderen Element, oder eine andere Substanz, die in entgegengesetzter Richtung fortzugehen strebt; denn sie betrachtet

den Effect als wesentlich abhängig von der wechselseitigen Beziehung solcher Theilchen. Allein die Theorien, welche die Wanderung der Elemente von Anziehungen und Abstossungen der Pole ableiten, erfordern keine solche Bedingung, d. h. es ist kein Grund vorhanden, warum die Anziehung abseiten des positiven Pols und die Abstossung abseiten des negativen Pols, welche ein zwischen beiden Polen befindliches Theilchen freier Säure erleidet, nicht ebenso stark sein sollten (bei gleicher Stärke der elektrischen Ströme), als wenn das Theilchen zuvor mit Alkali verbunden gewesen wäre; im Gegentheil hätte man allen Grund zu der Vermuthung, dass sie im ersten Fall, wo sie keine kräftige chemische Verwandtschaft zu überwinden haben, stärker sein und die Säure schneller zu dem positiven Pol führen müssten*). Dennoch ist dies nicht der Fall, wie durch die Versuche mit freier und gebundener Säure gezeigt worden ist (526. 528).

543. Hrn. *de la Rive*'s Theorie, wie ich sie verstehe, erfordert auch nicht, dass die Theilchen sich in Verbindung befinden müssen; sie nimmt nicht einmal an, dass, wo es zwei Reihen von Theilchen giebt, die fähig sind, sich mit einander zu verbinden und durch einander fortzugehen, dieselben sich wirklich verbinden, sondern [**444**] setzt voraus, dass sie als getrennte Verbindungen von Substanz und Elektricität fortwandern. Allein in Wirklichkeit wandert die freie Substanz nicht, sondern nur die gebundene.

544. Es ist sehr schwierig, unter den Lösungen oder Flüssigkeiten solche zu finden, welche diesen Punkt erläutern, und zwar weil es schwer hält, zwei Flüssigkeiten zu nennen, welche leiten, sich nicht mischen und bei denen ein aus der einen entwickeltes Element nicht ein Element in der anderen vorfände, mit dem es sich verbinden könnte. Lösungen von Säuren und Alkalien eignen sich nicht hierzu, weil sie durch eine Art Anziehung existiren; und Erhöhung der Löslichkeit eines Körpers in einer Richtung und Verminderung derselben in entgegengesetzter ist gerade ein eben so guter Grund zur Uebertragung, als die Abänderung der Verwandtschaft zwischen Säure und Alkali selbst. Immerhin aber ist der Fall mit der schwefelsauren Magnesia gerade ein solcher (494. 495) und zeigt, dass ein Element oder ein

---

*) Selbst *Humphry Davy* meint, die Anziehung des Pols würde von einem Theilchen einem anderen gleicher Art mitgetheilt (483).

Bestandtheil allein nicht fähig ist, übertragen zu werden oder gegen einen der Pole zu wandern.

545. Viele Metalle sind jedoch in ihrem starren Zustande sehr schöne Beispiele der erforderlichen Art. Wenn man nämlich einen Platinstreif als positiven Pol in einer Lösung von Schwefelsäure anwendet, wird der Sauerstoff, wird die Säure zu ihm gehen; allein diese Substanzen haben keine solche chemische Verwandtschaft zum Platin, dass sie sich mit diesem, selbst unter den günstigsten vom Strome herbeigeführten Umständen (518. 524), verbinden könnten. Das Platin bleibt daher, wo es ursprünglich war, und hat kein Bestreben, zum negativen Pol zu wandern. Ersetzt man aber das Platin durch einen Streif Eisen, Zink oder Kupfer, so kann sich der Sauerstoff mit dem positiven Pol verbinden, und das Metall, woraus dieser besteht, beginnt sogleich als Oxyd zum negativen Pol zu wandern und wird endlich daselbst [**445**] abgelagert. Wenn nun, unter Beibehaltung des Platinpols, ein geschmolzenes Chlorid, wie das von Blei, Zink, Silber u. s. w., statt der Schwefelsäure genommen wird, so findet das Platin Elemente, mit denen es sich verbinden kann; es tritt in die Verbindung ein, wirkt wie andere Elemente bei der elektro-chemischen Zersetzung, wird rasch durch die geschmolzene Substanz geführt und am negativen Pol ausgeschieden.

546. Warum nicht das Metall des positiven Pols durch den dazwischen liegenden Leiter geführt und am negativen Pol abgesetzt werde, selbst wenn es nicht chemisch auf das Element der umgebenden Flüssigkeit wirken kann, dazu finde ich in den Theorien, welche die elektro-chemische Zersetzung von Anziehungen und Abstossungen der Pole herleiten, nur geringen Grund, und in Hrn. *de la Rive*'s Theorie gar keinen. Man kann nicht sagen, dass die Cohäsionsanziehung einen solchen Vorgang verhindere, denn dieser stellt sich auch ein, wenn man den Pol von dem leichtesten Platinschwamm verfertigt hat. Selbst wenn Gold, das durch schwefelsaures Eisenoxydul gefällt worden, in die Lösung eingerührt wird, häuft es sich nicht am negativen Pol an, und doch ist bei diesem die Cohäsionsanziehung fast gänzlich überwunden, die Theilchen sind so zart, dass sie Stunden lang schwebend bleiben und sich beim leisesten Stoss vollkommen ungehindert gegen jeden der Pole bewegen. Wenn sie indess durch chemische Verwandtschaft in Beziehung stehen zu einer

vorhandenen Substanz, werden sie mit Kraft zum negativen Pol getrieben *).

[446] 547. Zur Stütze dieser Argumente diene die Bemerkung, dass bis jetzt (so viel ich weiss) bei blossen Gemengen noch keine Hinführung einer Substanz zu einem Pol oder Neigung, dem elektrischen Strom zu gehorchen, beobachtet worden ist; d. h. eine Substanz, die in einer Flüssigkeit zertheilt ist, aber zu ihr oder zu den während der Action aus ihr entwickelten Substanzen keine merkliche chemische Verwandtschaft besitzt, scheint in keinem Falle von dem elektrischen Strom afficirt zu werden. Es wurde gepulverte Holzkohle in verdünnte Schwefelsäure eingerührt und so der Einwirkung einer in Platinpolen endigenden Volta'schen Batterie ausgesetzt; allein es liess sich von einem Streben der Kohle zum negativen Pol nicht das Geringste beobachten. Sublimirter Schwefel wurde in eine ähnliche Säure eingerührt und so der nämlichen Einwirkung unterworfen, wobei eine Silberplatte als negativer Pol diente; allein der Schwefel zeigte nicht die geringste Neigung zum Hingang nach jenem Pol, das Silber lief nicht an und es erschien auch kein Schwefelwasserstoffgas. Der Versuch mit Magnesia und Wasser (495. 533), sowie diejenigen, wo fein zertheilte Flüssigkeiten in gewisse Lösungen eingerührt wurden (546), sind auch von derselben Art; und in der That, Substanzen, welche, wie die Magnesia aus der schwefelsauren Magnesia, einen Augenblick zuvor mit Kraft gegen den Pol getrieben wurden, werden im Moment, wo sie ihren unabhängigen Zustand annehmen, ganz indifferent gegen den Pol und verbreiten sich in der umgebenden Flüssigkeit.

548. Zwar giebt es viele Beispiele, wo unlösliche [447] Körper, wie Glas, schwefelsaurer Baryt, Marmor, Schiefer,

---

*) Bei Anstellung dieses Versuchs muss sorgfältig darauf gesehen werden, dass keine Substanz zugegen ist, die etwa chemisch auf das Gold wirken könne. Wiewohl ich das angewandte Metall sehr sorgfältig wusch und in sehr verdünnte Schwefelsäure einrührte, erhielt ich doch zuerst Gold am negativen Pol, und dies wiederholte sich sogar, als die Platinpole gewechselt wurden. Allein bei Untersuchung der klaren Flüssigkeit, die nach Ablagerung des Goldes in der Zelle war, fand ich in ihr ein wenig Gold gelöst und auch etwas Chlor. Ich wusch daher das der Volta'schen Action ausgesetzt gewesene Gold sorgfältig, rührte es in andere rein verdünnte Schwefelsäure ein und fand nun, als ich die Pole darauf wirken liess, nicht das geringste Streben, dem negativen Pol zuzuwandern.

Basalt u. s. w. eine Einwirkung erleiden; allein sie bilden keine Ausnahme, denn die auf dieselben gegossenen Substanzen standen hinsichtlich ihrer chemischen Verwandtschaft in directer und starker Beziehung zu ihnen, so dass diese Zersetzungen in die Klasse der gewöhnlichen Erscheinungen fallen.

549. Als eine allgemeine Folgerung lässt sich hinstellen, dass, je directer die Körper in ihrer chemischen Verwandtschaft einander entgegengesetzt sind, desto leichter auch ihre Trennung durch elektro-chemische Zersetzung erfolgt, vorausgesetzt, dass andere Umstände, wie z. B. Unlöslichkeit, Mangel an Leitungsfähigkeit, Mengenverhältnisse u. s. w., nicht störend eingreifen. Dieses ist bekanntlich der Fall bei Wasser und Salzlösungen, und ich habe es auch richtig gefunden bei trockenen Chloriden, Jodiden, Salzen u. s. w., wenn diese durch Schmelzung (402) für die elektro-chemische Zersetzung geeignet gemacht worden sind. Bei Anwendung der Voltaschen Batterie zu dem Zweck, Körper in ihre etwaigen Bestandtheile zu zerlegen, ist also daran zu erinnern, dass der Erfolg nicht abhängen wird von der Schwäche der Verwandtschaft, welche die gesuchten Elemente zusammenhält, sondern im Gegentheil von deren Stärke. Und darnach lassen sich Verfahrungsweisen erdenken, durch welche wir, mit Hinzuziehung gewöhnlicher chemischer Kräfte und mit Hülfe der Schmelzung (394. 417), in den Stand gesetzt werden, tiefer als es bis jetzt möglich war, in die Constitution unserer chemischen Elemente einzudringen.

550. Einige der schönsten und überraschendsten Fälle von elektro-chemischer Zersetzung und Uebertragung, welche *Humphry Davy* in seinem berühmten Aufsatz beschrieben hat*), sind die, bei denen Säuren durch Alkalien und Alkalien oder Erden durch Säuren**) [**448**] getrieben wurden. Dass Substanzen, welche die stärksten Anziehungen zu einander haben, auf diese Weise an ihrer Verbindung gehindert wurden, oder dass, wie es dort heisst, längs dem ganzen Bogen eine Vernichtung oder zeitweise Aufhebung ihrer natürlichen Verwandtschaft bewirkt ward, erregte das höchste Erstaunen. Wenn indess die von mir gefasste Ansicht der Erscheinungen richtig ist, so erhellt, dass das, was zu einem Wunder gestempelt worden, eine nothwendige Bedingung zu der Uebertragung

*) Philosoph. Transact. f. 1807, pt. I.
**) Ebendaselbst, p. 24.

oder Zersetzung ist, und dass die Uebertragung einer Säure von Pol zu Pol desto mehr erleichtert wird, je mehr Alkali in der Bahn dieser Säure vorhanden ist. Vielleicht giebt es keine Fälle, welche die Verschiedenheit zwischen meiner und den früheren Theorien besser in's Klare setzen, als die aus den letzteren hervorgegangenen Ansichten über Thatsachen wie die obigen.

551. Die Fälle, in denen, wegen Fällung von schwefelsaurem Baryt, Schwefelsäure nicht durch Baryt und Baryt nicht durch Schwefelsäure getrieben werden konnte*), treten in den Bereich des schon beschriebenen Gesetzes (380. 412), demgemäss der flüssige Zustand so allgemein erfordert wird. Sobald diese Stoffe als schwefelsaurer Baryt den starren Zustand annehmen, werden sie für eine Elektricität von so niederer Spannung als die der Volta'schen Batterie wirklich Nichtleiter, und dann ist die Einwirkung dieser Elektricität auf sie fast unendlich geschwächt.

552. Die von mir aufgestellte Theorie stimmt auf's Befriedigendste mit der Thatsache, dass ein Element oder eine Substanz den Ort seiner Ruhe oder vielmehr den seiner Ausscheidung zuweilen an diesem, zuweilen an jenem Pol findet. Hiervon giebt der Schwefel ein sehr gutes Beispiel. Wenn Schwefelsäure durch die Säule zersetzt wird, scheidet sich der Schwefel am negativen [**449**] Pol aus[11]); wird aber Schwefelsilber auf ähnliche Weise zersetzt (436), so erscheint der Schwefel am positiven Pol. Und wenn im letzteren Fall ein heisser Platinpol angewandt wird, um den abgeschiedenen Schwefel zu verflüchtigen, so ist die Beziehung dieses Pols zu dem Schwefel genau dieselbe wie die Beziehung des nämlichen Pols, bei dessen Eintauchung in Wasser, zum Sauerstoff. In beiden Fällen wird das Element an dem Pol in Freiheit gesetzt, aber nicht von diesem zurückgehalten, und es geht daher, vermöge seiner Elasticität, Unverbindbarkeit und Unmischbarkeit in das umgebende Mittel über. Offenbar wird der Schwefel zu diesen entgegengesetzten Richtungen bestimmt durch seine entgegengesetzten Beziehungen zum Sauerstoff und Silber; und auf solche allgemeine Beziehungen habe ich alle elektro-chemischen Erscheinungen zurückgeführt. Wo diese nicht vorhanden sind, kann keine elektro-chemische Action stattfinden. Wo erstere am stärksten sind, ist es auch die

*) Philosoph. Transact. f. 1807, p. 25.

letztere. Wo sie umgekehrt sind, kehrt sich auch die Richtung der Uebertragung eines Stoffes um.

553. Das Wasser ist als eine derjenigen Substanzen anzusehen, welche sich nach jedem der Pole hinführen lässt. Werden die Pole in verdünnte Schwefelsäure getaucht (527), so geht die Säure zum positiven und das Wasser zum negativen Pol; werden sie aber in die verdünnte Lösung eines Alkalis getaucht, so geht das Alkali zum negativen und das Wasser zum positiven Pol.

554. Ein anderer Stoff, der als überführbar zu jedem der Pole betrachtet werden kann, ist der Stickstoff; allein wegen der vielen Verbindungen, die er bildet und von denen einige zu diesem, andere zu jenem Pol wandern, habe ich es nicht immer leicht gefunden, die wahren Umstände seines Auftretens festzusetzen. Eine reine, [**450**] starke Ammoniaklösung ist ein so schlechter Elektricitätsleiter, dass sie schwerlich leichter zersetzt wird als reines Wasser. Wird aber schwefelsaures Ammoniak in derselben aufgelöst, so geht die Zersetzung sehr gut von Statten; der Stickstoff wird fast, und in einigen Fällen ganz rein, am positiven entwickelt und Wasserstoff am negativen.

555. Andererseits erscheint, wenn eine starke Lösung vom salpetersauren Ammoniak zersetzt wird, Sauerstoff am positiven Pol und Wasserstoff, zuweilen neben Stickstoff, am negativen Pol. Wendet man geschmolzenes salpetersaures Ammoniak an, so erscheint am negativen Pol Wasserstoff, gemengt mit etwas Stickstoff. Starke Salpetersäure liefert reichlich Sauerstoff am positiven Pol, dagegen am negativen kein Gas, nur salpetrige Säure. Verdünnte Salpetersäure bleibt anscheinend unverändert, liefert nur Sauerstoff und Wasserstoff vom anwesenden Wasser. Starke Salpetersäure, in welcher salpetersaures Ammoniak gelöst worden ist, liefert am negativen Pol ein Gas, welches grösstentheils Wasserstoffgas ist, sichtlich aber auch etwas Stickgas enthält. Ich glaube, dass in einigen dieser Fälle etwas Stickgas am negativen Pol erschien. Ich vermuthe jedoch, dass in allen diesen und allen früheren Fällen das Erscheinen des Stickgases am positiven oder negativen Pol gänzlich ein secundärer Effect ist und nicht eine unmittelbare Wirkung der zersetzenden Kraft des elektrischen Stromes.

556. Einige wenige Bemerkungen über die sogenannten Pole der Volta'schen Säule scheinen jetzt nicht überflüssig

zu sein. Die Pole sind bloss die Oberflächen oder die Thüren, durch welche die Elektricität zu der zersetzt werdenden Substanz ein- oder austritt. Sie begrenzen die Ausdehnung jener Substanz in dem Laufe des elektrischen Stromes, sind die Enden derselben in dieser Richtung, und deshalb gehen die Elemente bis dahin und nicht weiter[12]).

[**451**] 557. Metalle sind vortreffliche Pole, weil sie ein starkes Leitvermögen besitzen, sich mit den gewöhnlich der Einwirkung ausgesetzten Substanzen nicht mischen, starr sind und die Gelegenheit darbieten, solche zu wählen, auf welche die gewöhnlichen Substanzen keine chemische Action ausüben.

558. Wasser ist, wenige Fälle ausgenommen (494), schwierig als Pol anzuwenden, weil es eine geringe Leitungsfähigkeit besitzt, sich mit den meisten Substanzen vermischt und hinsichtlich der chemischen Verwandtschaft in Beziehung zu ihnen steht. Es besteht aus Elementen, welche in ihren elektrischen und chemischen Beziehungen einander direct und stark entgegengesetzt sind, jedoch mit einander verbunden einen Körper liefern neutraler als irgend ein anderer. So giebt es denn nur wenige Substanzen, welche nicht durch chemische Verwandtschaft in Beziehung kämen zum Wasser oder zu einem seiner Elemente, und deshalb wird die Uebertragung der Unzahl von Körpern, welche sich, in Wasser gelöst, in die Bahn des elektrischen Stromes bringen lassen, begleitet oder unterstützt von der Uebertragung des Wassers oder seiner Elemente. Das ist der Grund, weshalb die abgeschiedenen Substanzen so selten an der Vorderfläche des Wassers liegen bleiben und weshalb also das Wasser nicht die gewöhnlichen Dienste eines Pols verrichtet.

559. Luft und einige Gase sind jedoch frei von dem letzteren Uebelstand und können daher in manchen Fällen (461 u. s. w.) angewandt werden; allein wegen ihrer ungemein schwachen Leitungsfähigkeit lassen sie sich nicht bei dem Volta'schen Apparat anwenden. Dadurch ist ihr Gebrauch beschränkt, denn der Volta'sche Apparat ist unter den bis jetzt entdeckten der einzige, welcher eine hinreichende Menge von Elektricität (371. 376) liefert, um mit Leichtigkeit eine elektro-chemische Zersetzung zu bewirken.

560. Wo die Pole von der Art sind, dass sie durch [**452**] die ausgeschiedenen Substanzen entweder bloss in Folge ihrer natürlichen oder vermöge der durch den elektrischen Strom

erhöhten Beziehung zu ihnen (518) eine chemische Einwirkung erleiden, werden sie angefressen und die aufgelösten Theile derselben sind der Uebertragung unterworfen, ganz wie die Theile des ursprünglich in Zersetzung genommenen Körpers. Zur Stütze der Ansicht, welche ich von der Ursache der elektro-chemischen Zersetzung, der Uebertragung und Ausscheidung der Elemente gefasst habe, liesse sich eine unermessliche Reihe solcher Erscheinungen anführen. Platin z. B., als positiver und negativer Pol in eine Lösung von schwefelsaurem Natron getaucht, hat keine Verwandtschaft oder Anziehung zu den ausgeschiedenen Körpern, Sauerstoff, Wasserstoff, Schwefelsäure und Natron, und ermangelt der Eigenschaft, sich mit ihnen zu verbinden oder sie zurückzuhalten. Zink aber kann sich mit dem Sauerstoff und der Säure verbinden, verbindet sich am positiven Pol auch wirklich mit ihnen und beginnt sogleich als Oxyd nach dem negativen Pol zu wandern. Wenn Holzkohle, die sich nicht mit Metallen verbinden kann, den negativen Pol in einer Metalllösung abgiebt, so vereinigt sie sich nicht mit den aus der Lösung auf ihre Oberfläche abgelagerten Stoffen; wenn sie aber in verdünnter Schwefelsäure den negativen Pol bildet, so ist sie fähig, sich mit dem daselbst entwickelten Sauerstoff zu verbinden, und erzeugt demnach Kohlensäure und Kohlenoxydgas in Fülle.

561. Einen grossen Vortheil bieten die Metalle häufig dadurch dar, dass man unter ihnen ein solches zu dem Pol nehmen kann, welches von den sich ausscheidenden Elementen angegriffen wird oder nicht. Der darauf begründete Nutzen des Platins ist bekannt. Bei der Zersetzung von Schwefelsilber und anderen Schwefelmetallen ist ein positiver Pol von Silber vorzüglicher als einer von Platin, weil der ausgeschiedene Schwefel sich mit dem [**453**] Silber verbindet und dadurch die Zersetzung des ursprünglichen Schwefelsilbers sichtbar macht; wogegen er im letzten Falle (an einem Platinpol) entweicht und man seiner Abscheidung an dem Pol nicht leicht gewiss wird.

562. Die Wirkungen, welche stattfinden, wenn eine Reihe leitender, zersetzbarer und unzersetzbarer Substanzen, wie z. B. Drähte und Lösungen oder Luft und Lösungen (465. 469), in den elektrischen Bogen gebracht worden, lassen sich am einfachsten durch die von mir aufgestellte Ansicht erklären. In Folge der Reaction der Bestandtheile einer jeden Portion der zersetzbaren Substanz, schreiten die näheren und ent-

fernteren Theile derselben, sobald sie von dem elektrischen Strome ergriffen sind (524), in Richtung des letzteren so weit fort, als sie Stoffe entgegengesetzter Art finden, die eine Uebertragung bewirken und eine gleiche Einwirkung von ihnen erfahren können; wo sie keine solche Substanz mehr finden, werden sie im freien Zustande abgeschieden, nämlich auf der Oberfläche des Metalls oder der Luft, welche die Ausdehnung der zersetzbaren Substanz in Richtung der Ströme begrenzt.

563. Nachdem ich so meine Theorie über die Art, wie die elektro-chemische Zersetzung zu Stande kommt, entwickelt habe, enthalte ich mich für jetzt der vielen von ihr an die Hand gegebenen allgemeinen Folgerungen, da ich sie zunächst der öffentlichen Prüfung zu unterwerfen wünsche[13]).

Royal Institution, Juni 1833.

Anmerkungen.

Die vorstehend gebrachten drei Reihen der Experimental-Untersuchungen enthalten die Vorbereitung zu den ausgedehnten Forschungen *Faraday*'s über die Elektrolyse. Die erste über die Einerleiheit der Elektricitäten wird geschätzt werden, wenn man die vom Verfasser geschilderten Anschauungen, die damals unter den Fachmännern verbreitet waren, sich vergegenwärtigt. Es ist ein grosses Verdienst, das sich unser Autor erwarb durch die Entschiedenheit, mit der er seine Ansichten gegen alle nur erdenkbaren Einwände verficht. Selbstverständlich hat diese Reihe vorwiegend historisches Interesse. — Die folgende, vierte Reihe bringt eine Fülle neuer Thatsachen ans Licht und enthält schon Andeutungen über den Unterschied metallischer und elektrolytischer Leitung. Die im § 413 u. folg. aufgeworfenen Fragen weisen deutlich auf die Hauptpunkte aller späteren Forschungen hin, worauf specieller bereits der Abschnitt X sich bezieht. — Von besonderer Wichtigkeit erscheint aber die letzte, »fünfte Reihe«, in der zuerst durch Versuche der feste Standpunkt gewonnen wird, der als Grundlage der *Faraday*'schen Theorie im dritten Theile dieser Reihe dargestellt wird. In vorzüglicher Klarheit sucht unser Autor zuerst alle gangbaren Ansichten über Elektrolyse historisch zu beschreiben, um dann seine Theorie zu entwickeln. Der Kernpunkt der Untersuchung war für's erste noch negativer Art. Es gelingt dem Verfasser, die Theorie der anziehenden Kräfte, die angeblich von den »Polen« ausgehen, definitiv zu beseitigen. Die positive Seite seiner Anschauung gewinnt indess erst in späteren Untersuchungen Gestalt, während die Grundgedanken schon in den §§ 517 ff. charakteristischen Ausdruck finden. — Sämmtliche drei Reihen datiren vom Anfang des Jahres 1833.

1) *Zu S. 4.* Die bezügliche Stelle lautet: »Die gemeine Elektricität wird auf Nichtleitern erregt und wird durch Leiter und Halbleiter fortgeführt. Die Volta'sche Elektricität wird bei Combination von vollkommenen und unvollkommenen Leitern erregt und nur durch gute und durch unvollkommene Leiter der besten Art geleitet. Der Magnetismus, wenn derselbe als eine Art Elektricität angesehen wird, gehört nur den vollkommenen Leitern an, und zwar einer besonderen Classe derselben*). Thierische Elektricität kommt nur in solchen Halbleitern vor, die Organe lebender Thiere sind.«

2) *Zu S. 13.* Im Texte heisst es: »coating & armour of the galvanometer«. Nach der weiteren Beschreibung ist diese Maassregel nicht gerade nothwendig.

3) *Zu S. 27.* Ueber Versuche, die Sir *Humphrey Davy* angestellt hat und die hierher gehören, vergl. die Anmerkung im Texte zu Nr. 471.

4) *Zu S. 32.* Ueber *Fahlberg*'s Versuche s. *Gilbert*'s Ann. Bd. XIV, S. 420, und über *Walsh*'s s. *Le Roy*'s Brief an *Rozier* in dessen Observ. sur la physique, 1776. T. II p. 333. S. auch *J. Davy* in Pogg. Ann. Bd. XXVII S. 545.

5) *Zu S. 35.* Die überaus wichtige, ja fundamentale Bedeutung des hier gefundenen Satzes hat *Faraday* aus ziemlich ungenauen Versuchen erschlossen. Bei Entladungen, die 2 bis 3 Secunden andauern, wäre eine Abnahme der Ablenkung der Galvanometernadel zu erwarten. Immerhin genügten die Versuche, um *Faraday* das wichtige Gesetz der Galvanometerwirkung durch kurzdauernde Entladungen entdecken zu lassen. Versuche von *Ritchie* und von *Harris* waren mit ähnlichem Erfolge schon früher angestellt worden. S. Text Nr. 368.

6) *Zu S. 35.* »Eines elektrischen Stromes von sehr kurzer Dauer« müsste es hier heissen. Offenbar war der Begriff des constanten Stromes und seiner Wirkung noch nicht vollständig erfasst.

7) *Zu S. 38.* Während der Satz für die chemische Action richtig ist und *Faraday* den Anlass gab zu den wichtigen genaueren Versuchen, die zu den fundamentalen Gesetzen der Elektrolyse führten, ist die »magnetische Kraft« des constanten

---

*) Hierzu bemerkt *Faraday*, dass schon *Ritchie* dieses als irrthümlich aufgedeckt hat in den Phil. Transact. 1832 p. 294.

Stromes in unklarer Weise der der Batterieentladung gegenüber gestellt.

8) *Zu S. 38.* Im Text folgt an dieser Stelle eine Anmerkung, die wir bereits im I. Heft der Klassiker Nr. 81 S. 94 mitgetheilt haben. Sie bezieht sich lediglich auf die in der ersten Serie mitgetheilten Versuche unter dem 78. Paragraph und hat zu den Betrachtungen der vorliegenden III. Serie keine Beziehung.

IV. Serie.

9) *Zu S. 39.* Dass Eis ein Nichtleiter sei, ist von *Erman* schon 1802 beobachtet worden (Gilbert's Ann. Bd. XI S. 166), doch hat er die Allgemeinheit der Unterschiede im Leitungsvermögen von Substanzen im festen und flüssigen Zustande, wie *Faraday* sie hier aufdeckt (besonders Nr. 402 ff.), nicht gekannt. *Faraday* selbst aber führt die Entdeckung in seinem Tagebuche auf *Franklin* zurück, in dessen »Experiments on Electricity«, 5. Ed. 1774 S. 36 es heisst: »A dry cake of ice or an icide held between two persons in a cirkle likewise prevents the shock, which one would not expect, as water conducts it so perfectly well«. Also *Franklin* wundert sich bereits über die Thatsache, dass Eis isolire. Am 24. Jan. 1833 schreibt *Faraday* in sein Tagebuch: »Made some excellent experiments on ice — quite dry; not the slightest deflection of the needle occurred«, und am 26. Jan. fügt er hinzu: »If ice will not conduct, is it because it cannot decompose?« Am 15. Febr. steht seine Ueberzeugung des allgemeinen Verhaltens fest. An diesem Tage scheint er die ganze Tragweite erfasst zu haben. Wir finden folgende Gedanken im Tagebuch: »Die Erkenntniss, dass ganz allgemein ein flüssiger Körper beim Erstarren die Fähigkeit erlangt, zu isoliren, ist eine neue, unerwartete und sehr merkwürdige Thatsache. Es scheint der Materie im flüssigen Zustande eine neue Eigenschaft zuzukommen. Wie sonderbar, als Gas und als fester Körper isolirend, als Flüssigkeit leitend! Beweist nicht das Isolirungsvermögen im festen Zustande, dass die Zersetzung durch den Volta'schen Strom zurückzuführen sei auf eine geringe Kraft, die der chemischen Anziehung hinzugefügt wird, wenn die Körper flüssig sind? Da nur das Festwerden genügt, die Theilchen zu behindern, so muss die Kraft klein sein. Beweist das nicht eine wichtige Beziehung

zwischen Zersetzbarkeit und Leitvermögen? Es ist so, als wenn hier die Elektricität nur eine Reihe von Wechseln oder Vibrationen vermittelt und nicht selbst etwas körperlich Uebertragenes sei. Das mag auch die Frage berühren, ob die Elektricität eine Materie oder ein Fluidum ist.«

10) *Zu S. 47.* Man beachte die charakteristische Fragestellung.

11) *Zu S. 95.* Das Beispiel passt nicht recht, denn wenn bei Zersetzung der Schwefelsäure Schwefel ausgeschieden wird, so kann das nur Folge einer secundären Wirkung sein. Man beachte noch, dass *Faraday* meist (aber nicht immer) negativen Pol denjenigen nennt, bei dem Wasserstoff ausgeschieden wird. So ist denn auch hier der Wasserstoff allein vom Strome fortgeführt und derselbe reducirt die Schwefelsäure. Die Erklärung am Schlusse dieses Paragraphen ist weniger glücklich als die auf den Stickstoff bezügliche, die in Nr. 555 richtig als secundär erkannt wird. Wegen der Bezeichnung der Pole s. Nr. 661 d. VII. Reihe (Klassiker, Heft 87).

12) *Zu S. 97.* Dieser und die folgenden Paragraphen kennzeichnen auf's beste die Tendenz der ganzen Untersuchung.

13) *Zu S. 99.* Die erwünschte »öffentliche Kritik« wurde wohl kaum abgewartet, da die Fortsetzung der Versuche schon im November desselben Jahres 1833 der Königl. Gesellschaft mi getheilt ward.

Inhalt.

Dritte Reihe.

VII. Einerleiheit der Elektricitäten verschiedenen Ursprungs 3
1. Volta'sche Elektricität 5
2. Gemeine Elektricität 10
3. Magneto-Elektricität 27
4. Thermo-Elektricität 29
5. Thierische Elektricität 30

VIII. Maass-Beziehung zwischen der gemeinen und der Volta'schen Elektricität 33

Vierte Reihe.

IX. Ueber ein neues Gesetz der Elektricitätsleitung 39
X. Vom Leitvermögen überhaupt 48

Fünfte Reihe.

XI. Von der elektro-chemischen Zersetzung . . . 56
1. Neue Umstände, unter denen eine elektro-chemische Zersetzung auftritt 56
2. Einfluss des Wassers bei elektro-chemischen Zersetzungen 63
3. Theorie der elektro-chemischen Zersetzung . . . 65

Anmerkungen des Herausgebers 100

Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.

Nr. 40. **A. L. Lavoisier** u. **P. S. de Laplace**, Zwei Abhandlungen über die Wärme. (Aus den Jahren 1780 u. 1784.) Herausg. v. J. Rosenthal. Mit 13 Figuren im Text. (74 S.) ℳ 1.20.

» 44. Das Ausdehnungsgesetz der Gase. Abhandlungen von **Gay-Lussac, Dalton, Dulong** u. **Petit, Rudberg, Magnus, Regnault.** (1802-1842.) Herausg. von W. Ostwald. Mit 33 Textfiguren. (213 S.) ℳ 3. —.

» 52. **Aloisius Galvani**, Abhandlung üb. d. Kräfte der Electricität bei der Muskelbewegung. (1791.) Herausgegeben von A. J. v. Oettingen. Mit 21 Fig. auf 4 Taf. (76 S.) ℳ 1.40.

» 53. **C. F. Gauss**, Die Intensität der erdmagnetischen Kraft auf absolutes Maass zurückgeführt. In der Sitzung der Kgl. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen am 15. December 1832 vorgelesen. Herausgegeben von E. Dorn. (62 S.) ℳ 1.—.

» 54. **J. H. Lambert**, Anmerkungen und Zusätze zur Entwerfung der Land- und Himmelscharten. (1772.) Herausgegeben von A. Wangerin. Mit 21 Textfiguren. (96 S.) ℳ 1.60.

» 55. **Lagrange** u. **Gauss**, Abhandlungen über Kartenprojection. (1779 u. 1822.) Herausgegeben von A. Wangerin. Mit 2 Textfiguren. (102 S.) ℳ 1.60.

» 56. **Ch. Blagden**, Die Gesetze der Überkaltung und Gefrierpunktserniedrigung. 2 Abhandlungen. (1788.) Herausgegeben von A. J. v. Oettingen. (49 S.) ℳ —.80.

» 57. **Fahrenheit, Réaumur, Celsius**, Abhandlungen über Thermometrie. (1724, 1730—1733, 1742.) Herausgegeben von A. J. v. Oettingen. Mit 17 Fig. im Text. (140 S.) ℳ 240.

» 59. **Otto von Guericke's** neue »Magdeburgische« Versuche über den leeren Raum. (1672.) Aus dem Lateinischen übersetzt und mit Anmerkungen herausgegeben von Friedrich Dannemann. Mit 15 Textfiguren. (116 S.) ℳ 2.—.

» 61. **G. Green**, Ein Versuch, die mathematische Analysis auf die Theorieen der Elektricität und des Magnetismus anzuwenden. (Veröffentlicht 1828 in Nottingham.) Herausgegeben von A. v. Oettingen und A. Wangerin. (140 S.) ℳ 1.80.

» 63. **Hans Christian Oersted** und **Thomas Johann Seebeck**, Zur Entdeckung des Elektromagnetismus. (1820—1821.) Herausgegeben von A. J. v. Oettingen. Mit 30 Textfiguren. (83 S.) ℳ 1.40.

» 69. **James Clerk Maxwell**, Über Faraday's Kraftlinien. (1855 u. 1856.) Herausgegeben von L. Boltzmann. (130 S.) ℳ 2.—.

» 70. **Th. J. Seebeck**, Magnetische Polarisation der Metalle und Erze durch Temperatur-Differenz. (1822—1823.) Herausgegeben von A. J. von Oettingen. Mit 33 Textfiguren. (120 S.) ℳ 2.—.

» 76. **F. E. Neumann**, Theorie der doppelten Strahlenbrechung, abgeleitet aus den Gleichungen der Mechanik. (1832.) Herausgegeben von A. Wangerin. (52 S.) ℳ —.80.

» 79. **H. Helmholtz**, Zwei hydrodynamische Abhandlungen. I. Über Wirbelbewegungen. (1858.) — II. Über discontinuirliche Flüssigkeitsbewegungen. (1868.) Herausgegeben von A. Wangerin. (80 S.) ℳ 1.20.

» 80. —— Theorie der Luftschwingungen in Röhren mit offenen Enden. (1859.) Herausgegeben von A. Wangerin. (132 S.) ℳ 2.—.

» 81. **Michael Faraday**, Experimental-Untersuchungen über Elektricität. I. u. II. Reihe. (1832.) Mit 41 Figuren im Text. Herausgegeben von A. J. von Oettingen. (96 S.) ℳ 1.50.

» 86. —— —— III. bis V. Reihe. (1833.) Mit 15 Figuren im Text. Herausgegeben von A. J. von Oettingen. (104 S.) ℳ 1.60.

» 87. —— —— VI. bis VIII. Reihe. (1834.) Mit 48 Figuren im Text. Herausgegeben von A. J. von Oettingen. (180 S.) ℳ 2.60.